

Auswirkungen des Unterdrucks in Flughöhen
von 2500 bis 4000 Metern auf den
intraokularen Druck des menschlichen Auges

von
Bernd Hollmig
aus
Bochum



Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41546216_0015

Aus dem Institut mit Poliklinik
für klinische Immunologie und Rheumatologie
der Universität Erlangen-Nürnberg

Direktor: Prof. Dr. J. R. Kalden

Auswirkungen des Unterdrucks in Flughöhen von 2500 bis 4000 Metern auf den intraokularen Druck des menschlichen Auges

INAUGURAL – DISSERTATION

zur Erlangung der Doktorwürde
der Medizinischen Fakultät
der Friedrich - Alexander - Universität
Erlangen-Nürnberg

vorgelegt
von
Bernd Hollmig
aus
Bochum

Gedruckt mit Erlaubnis der Medizinischen Fakultät
der Universität Erlangen-Nürnberg



Dekan: Prof. Dr. W. Kersten
Referent: Prof. Dr. H.W. Baenkler
Korreferent: Prof. Dr. J.R. Kalden
Tag der mündlichen Prüfung: 13.07.1981

Meinen Eltern in Dankbarkeit gewidmet

I N H A L T S - V E R Z E I C H N I S

	Seite
Einleitung	1
Der intraokulare Druck	2 - 3
Meßmethoden des Augeninnendruckes	4
Bisherige Untersuchungen	5 - 9
Methodik der Untersuchungen	10 - 11
 Versuchsdurchführung bei Gruppe I	 12
Ergebnisse der Gruppe I	13
Änderung des i.o.D. in 2500 m Höhe	13
Änderung des i.o.D. in 4000 m Höhe	14
Änderung des i.o.D. bei Versuchsende	17
Blutdruckschwankungen während der Versuche	19
Reaktionen der Herzfrequenz	21
Senkung des Luftdruckes auf 404,8mmHg entsprechend 5000 m Höhe	22
 Das Verhalten des i.o.D. bei Patienten mit Glaucoma simplex im Unterdruck	 24
Das Glaucoma simplex	24
Vorkommen und Häufigkeit des Glau- coma simplex	25 - 26

	Seite
Durchführung des Unterdruckversuches mit Glaukompatienten	27
Ergebnisse der Gruppe II	28
Änderung des i.o.D. in 2500 m Höhe	29
Änderung des i.o.D. bei Versuchsende	30
Änderungen des Blutdruckes	32
Reaktionen der Herzfrequenz	34
 Diskussion	 35 - 38
Folgerung	39 - 41
Zusammenfassung	42 - 43
 Anhang: Versuchsprotokolle 1 - 25	
 Literaturverzeichnis	

Auswirkungen des Unterdrucks in Flughöhen
von 2500 bis 4000 Metern auf den intraoku-
laren Druck des menschlichen Auges.

Einleitung

Die Benutzung des Flugzeuges als Verkehrsmittel wird zunehmend populärer. Nicht zuletzt trägt die anhaltende Expansion des internationalen Tourismus zu einer steten Zunahme der Passagierzahlen bei. Dank der Fortschritte auf dem Gebiet der Geriatrie kann sich heute auch verstärkt die ältere Generation des Flugzeuges bedienen und trägt damit zu einer Änderung der Altersstruktur der Passagiere bei. Diese Umstände erhöhen die potentielle Gefahr der Erkrankung von Passagieren oder Verschlechterung bestehender Leiden an Bord, vor allem auch bei den immer häufigeren Langstreckenflügen. Um das Risiko gesundheitsbedrohlicher Zwischenfälle während eines Fluges zu senken, veranlaßte der Internationale Luftverkehrsverband IATA (International Air Transport Association), eine 1945 gegründete Organisation der Luftverkehrsgesellschaften zur Koordination der Flugpläne, Transportbedingungen u.a., die Herausgabe von "Empfehlungen zu den Beförderungsbestimmungen im Luftverkehr". (siehe Anlage)

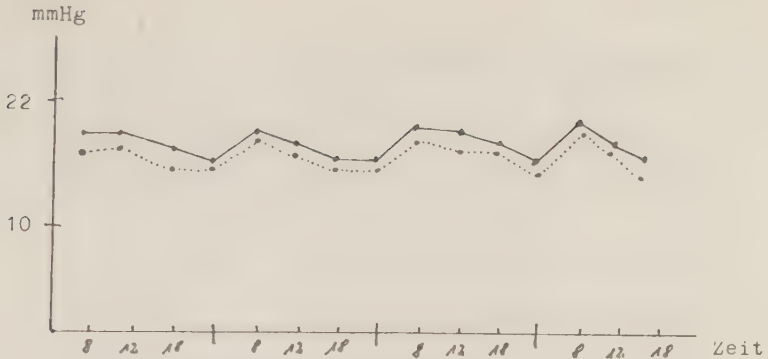
Darin werden unter anderem Erkrankungen des Herz- und Kreislaufsystems, des respiratorischen Systems, Stoffwechselkrankheiten u.s.w. eingeordnet als flugtauglich oder fluguntauglich.

Punkt X dieser Empfehlungen gliedert das Akute Glaukom und Innere Augenblutungen in die Gruppe der fluguntauglichen Krankheiten. Die Frage, ob diese Empfehlung aus medizinischer Sicht notwendig erscheint, ob also die durch den Höhenflug bedingte Senkung des Umgebungsdruckes Auswirkungen auf den intraokularen Druck hat und dadurch ein Glaukomanfall ausgelöst werden kann, ist Gegenstand dieser Arbeit.

Der intraokulare Druck

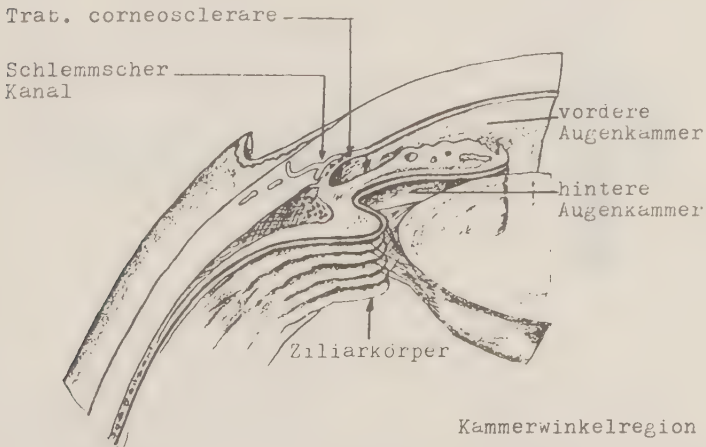
Normal beträgt der Augeninnendruck beim Menschen 15 - 22 mmHg und unterliegt einem zirkadianen, sinusförmigen Rhythmus mit einer physiologischen Schwankungsbreite von ca. 4 - 5 mmHg und gehört zu den Organkonstanten wie Puls, Blutdruck und Temperatur: d.h. morgens, zwischen 4⁰⁰ und 8⁰⁰ Uhr ist er höher als abends.

Der Augeninnendruck wird durch die intraokulare Flüssigkeit, den Glaskörper und die Augapfelwände sowie durch den Druck in den intraokularen Arterien und Venen und der Sekretion des Kammerwassers bestimmt und aufrecht erhalten. Im normalen Auge sind Produktion und Abfluß des Kammerwassers im stabilen Gleichgewicht, so daß der intraokulare Druck innerhalb der Normgrenzen verbleibt. Das Kam-



Tagesnormalkurve des intraokularen Druckes

merwasser wird von den Ziliarkörpern in der hinteren Kammer produziert (zirka $2-3\text{mm}^3/\text{Min.}$ nach Goldmann), fließt durch die Pupille in die vordere Kammer und verläßt diese durch das im Kammerwinkel gelegene Trabeculum corneosclerare und den Schlemmschen Kanal mit den angeschlossenen Kammerwasservenen. Neben der Konstanthaltung des intraokularen Druckes dient das Kammerwasser der Optik als brechendes Medium, der Ernährung der gefäßlosen Linse und der Form-ernaltung des Augapfels.



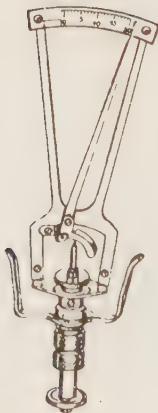
Kammerwinkelregion
(modifiz. n. Rohen)

Meßmethoden des Augeninnendrucks

Der Augapfel ist bei regelrechter Tension mit den Spitzen beider Zeigefinger des Untersuchers fluktuierend eindrückbar. Neben dieser grob palpatrischen Beurteilung ist mit Hilfe von Tonometern der intraokulare Druck genau bestimmbar.

Impressionstonometer nach Schiötz

Mit dem Impressionstonometer nach Schiötz prüft man die Eindrückbarkeit der anästhesierten Hornhaut: Ein aus der Fußplatte des Tonometers ragender Stift, dem Grammgewichte aufgeschraubt werden, überträgt die Eindrückbarkeit der Hornhaut mit Hilfe eines Zeigers auf die Meßskala.



Impressionstonometer
nach Schiötz

Je höher der intraokulare Druck, desto geringer läßt sich die Hornhaut eindrücken und desto kleiner ist der Ausschlag des Zeigers. Aus einer Lichtablenkung läßt sich der Zeigerausschlag in mmHg Augeninnendruck entnehmen.

Das Applanationstonometer nach Goldmann

Noch genauere Messergebnisse sind mit dem Applanationstonometer nach Goldmann möglich. Zur Messung des Augeninnendruckes benötigt man mit dem Applanationstonometer nur wenige Sekunden, außerdem kann die Untersuchung am sitzenden Patienten vorgenommen werden. An diesem Tonometer befindet sich ein Meßkörperchen mit einer Vorderfläche von 3 mm die mit der anästhesierten Hornhaut in Kontakt gebracht wird. An einer Mikrometerschraube verändert der Untersucher den Druck des Meßkörperchens gegen die Hornhaut bis diese im Bereich der Berührungsstelle gleichmäßig applaniert ist. Für den Untersucher ist die Abplattung der Hornhaut durch das Mikroskop der Spaltlampe sichtbar. An einer Meßstrommel kann dann direkt der intraokulare Druck in mmHg abgelesen werden.

Fisherige Untersuchungen

Eine Reihe von Autoren hat sich bereits mit dem Verhalten des intraokularen Druckes bei Verminderung des Luftdruckes befaßt, kam jedoch zu unterschiedlichen Ergebnissen. Allerdings basieren diese

Ergebnisse zum Teil nicht auf den gleichen Versuchsbedingungen sondern diese unterscheiden sich unter anderem im Ausmaß der Luftdruckänderung bei dem die tonometrischen Messungen durchgeführt wurden, der Geschwindigkeit mit der der Druck geändert wurde und auch der Sauerstoffgehalt der Atemluft variierte.

Niesel (1954) führte Versuche an Kaninchen in einer kleinen Unterdruckkammer mit laufender Frischluftdurchspülung durch und senkte den Kammerdruck innerhalb von nur 90 Sekunden auf einen den in einer Höhe von 7500 bis 8000m entsprechenden Druck. Nach einminütigem Aufenthalt erfolgte wieder der Druckanstieg entsprechend Meereshöhe in ebenfalls 90 Sekunden. Seine Versuche am Menschen führte er bei einem in 6500 m Höhe entsprechenden Druck durch, der in 5 Minuten erreicht wurde. Die während des Austiegs erfolgte Sauerstoffatmung wurde nach 4 Minuten für etwa 9 Minuten abgesetzt bevor nach weiteren 9 Minuten der Druck wieder normalisiert wurde. Über die Anzahl seiner Probanden macht Niesel keine Angaben und beschreibt in seiner Arbeit lediglich das Ergebnis eines solchen Unterdruckversuches, bei dem nach anfänglicher Steigerung des intraokularen Druckes um 7 mmHg nach Absetzen der Sauerstoffzufuhr eine weitere Zunahme des Augeninnendruckes gemessen wurde. Einer zweiten, in Niesel's Arbeit nicht näher erläuterten, Textabbildung eines weiteren Versuches kann man eine nur geringe Steigerung des intraokularen Druckes entnehmen.

Niesel stellt Übereinstimmungen seiner Ergebnisse mit den Unterdruckkammerversuchen von Furuya und Buccalossi fest, die eine Zunahme des Augeninnendruckes nachwiesen.

Furuya (1936) nahm seine Messungen am Menschen bei Druckwerten entsprechend 4000 bis 5000 Metern Höhe vor und stellte bei Sympathotonikern eine größere Zunahme des intraokularen Druckes fest als bei Vagotonikern. Außerdem beschreibt er ein allmähliches Absinken der gesteigerten Tension bei gleichbleibender Unterdruckhöhe zum Anfangswert vor Versuchsbeginn sowie nach Wiederkehr zu Druckverhältnissen entsprechend Meereshöhe ein kurzzeitiges Absinken unter den Anfangsdruck.

Newton, Clark und Culver (1964) untersuchten das Verhalten des intraokularen Druckes und die Abflußleistung des Kammerwassers in der Unterdruckkammer bei einer simulierten Höhe von 30000 Fuß (etwa 9000 m) über dem Meeresspiegel. Der entsprechende Luftdruck von 225 mmHg wurde nach 15 Minuten erreicht und 30 Minuten lang aufrecht erhalten. Bei den 27 männlichen und 33 weiblichen gesunden Versuchspersonen im Alter zwischen 20 und 37 Jahren zeigte sich keine Änderung der Werte gegenüber dem Befund bei normalem Luftdruck. Die Verfasser sind der Meinung, daß kein Grund zur Annahme bestehe, der Höhenflug habe einen ungünstigen Einfluß bei Disposition zu Glaucoma simplex oder zu Winkelblockglaukom.

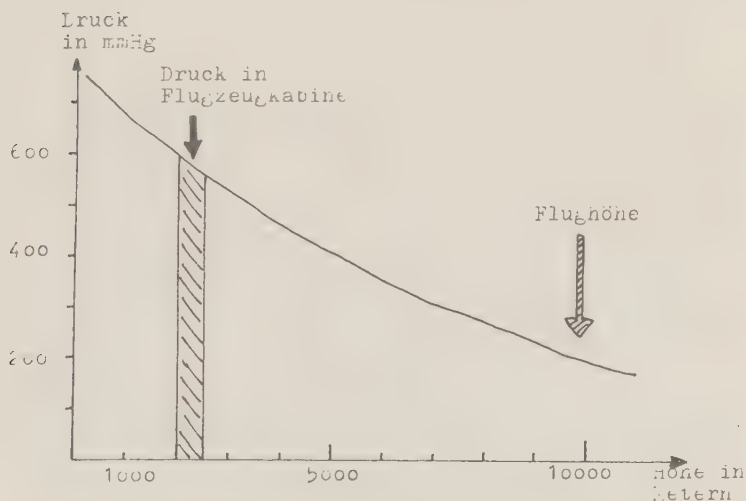
Bei den Versuchen von Wirsching jr. und Aasved (1963) wurden die gesunden Probanden einem Überdruck bis zu 7 atü ausgesetzt. Bei Luftdruckanstieg fiel der intraokulare Druck, beim anschließenden Abfall stieg er wieder an. Dabei wurde die physiologische Schwankungsbreite nicht überschritten.

Ebenso vertritt Carapancea die Auffassung, daß der verminderte Luftdruck in sehr großen Höhen zu einer Augeninnendruckerhöhung führen kann.

Auf normalen Flugbedingungen basieren die Ergebnisse von Chevaleraud und Mitarbeitern. Bei Flugstewardessen die orale Kontrazeptiva einnahmen, wurde eine leichte Erhöhung des intraokularen Druckes gegenüber einer Kontrollgruppe ohne orale Kontrazeptiva festgestellt.

Ascher, der bereits 1922 Versuche im Fesselballon und später in einer pneumatischen Kammer durchführte, konnte keinen eindeutigen Einfluß des atmosphärischen Unterdruckes auf den intraokularen Druck feststellen. Er senkte den Luftdruck innerhalb von 10 Minuten auf 525 mmHg entsprechend einer Höhe von 3000 m über dem Meer. Im Gegensatz zu den teilweise extremen Luftdruckänderungen der anderen genannten Autoren haben Ascher und Chevaleraud ihre Versuche den im normalen Flugverkehr tatsächlich gegebenen Druckverhältnissen angepaßt. Zwar liegt in den üblichen Flughöhen von 10000 bis 12000 Metern

der Außendruck unter 200 mmHg, was etwa einem Viertel des atmosphärischen Luftdruckes auf Meereshöhe entspricht, jedoch sind die Verkehrsflugzeuge mit Druckkabinen ausgestattet, die im Passagierraum einen Druck entsprechend dem in 2000 bis 2500 Metern Höhe (590-560 mmHg) aufrechterhalten. Bei diesen sich für die Passagiere während des Fluges ergebenden Luftdruckänderungen werden in der vorliegenden Arbeit die Messungen des intraokularen Druckes durchgeführt, um sein Verhalten in diesem für die zivile Luftfahrt relevanten Bereich der Druckänderungen zu untersuchen.



Luftdruckverhältnisse während des Fluges

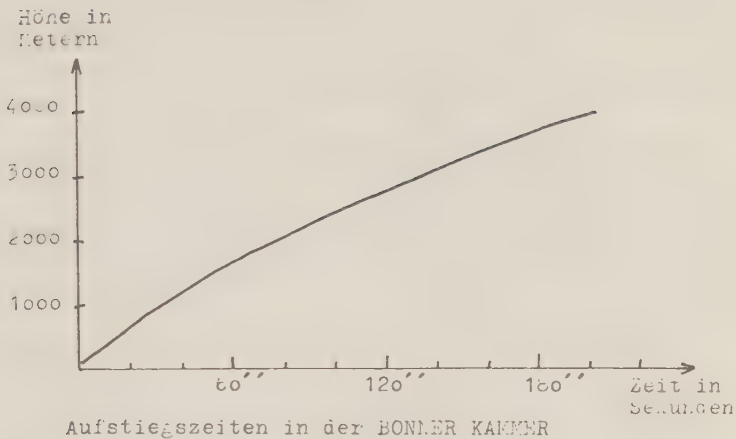
Methodik der Untersuchungen

Zur Durchführung der Untersuchungen stellte mir Herr Dr. Graßer seine Unterdruckkammer Typ: BOKNER KAMMER zur Verfügung. In dieser Kammer läßt sich der Druck stufenlos bis auf einen Wert von 340 mmHg senken, was der Luftverdünnung in 6000 Metern Höhe entspricht. Die Bedienung der Kammer erfolgt von außen; mit den Probanden und dem Untersucher im Inneren der Kammer besteht Verbindung über eine Sprechanlage. Durch eine große Plexiglas-scheibe und über eine Videoanlage läßt sich der Ablauf der Versuche in dem für 4 Personen Platz bietenden Raum verfolgen.

Untersuchung der Probanden

Eine I. Gruppe mit gesunden Versuchspersonen wurde von 21 Studenten/-innen im Alter von 21 bis 34 Jahren gebildet. Das Durchschnittsalter der 11 männlichen Probanden betrug 25,8 Jahre, das der 10 weiblichen 23,8 Jahre. Davon waren 7 Personen kurzsichtig, 3 weitsichtig und die übrigen ohne eine Sehschwäche. Andere Augenleiden waren nicht bekannt. (Genaue Angaben sind den Protokollen im Anhang zu entnehmen)

Alle Messungen des intraokularen Druckes wurden vom gleichen Untersucher mit einem amtlich ge-eichten SCHIÖTZ-Tonometer bei einem Stempelge-wicht von 5,5 Gramm vor-genommen. Als Lokalanästhe-trikum wurde Kerakain verwendet.



Vor dem Versuch, sowie bei einem Druck entsprechend dem in 2500 und 4000 m Höhe und nach Beendigung des Versuchs wurden jeweils an beiden Augen die tonometrischen Messungen im Liegen durchgeföhrt. Gleichzeitige Blutdruckmessungen nach Riva Rocci an der Arteria brachialis des linken Oberarmes und Pulszählungen über 15 Sekunden erfolgten unter dem Aspekt, um, bei eventuell auftretenden Veränderungen des intraokularen Druckes, bei der Auswertung und Deutung der Ergebnisse auch das Verhalten dieser beiden Kreislaufparameter mit in die Überlegungen einbeziehen zu können. Alle Versuche wurden ohne Sauerstoffzufuhr durchgeföhrt.

Die Untersuchung einer II. Gruppe, bestehend aus Versuchspersonen mit bekanntem Glaucoma simplex, wird im weiteren Teil der Arbeit beschrieben.

Versuchsdurchführung bei Gruppe I

Der Druck von 560 mmHg, entsprechend dem in 2500 m Höhe, wurde bei 17 der 21 gesunden Probanden innerhalb von durchschnittlich 2 Minuten und 20 Sekunden erreicht, der von 462 mmHg entsprechend 4000 m in durchschnittlich 11 Minuten und 10 Sekunden nach Beginn des Aufstiegs. Jeweils im Anschluß erfolgten die Messungen.

Ein Proband dieser Gruppe (Protokoll Nr. 5) wurde kurzzeitig einer Luftverdünnung entsprechend 5000 m Höhe ausgesetzt, um eine zusätzliche Messung bei noch ungünstigeren Verhältnissen vornehmen zu können. Auch hier wurde kein Sauerstoff zugeführt.

Die anderen 4 gesunden Probanden der I. Gruppe erreichten den Druck von 2500 m in 10 Minuten und hielten sich in dieser Höhe 37 Minuten auf, bevor die Messungen durchgeführt wurden. Der längere Aufenthalt im Unterdruck sollte der Aufdeckung möglicher Abweichungen der Werte von den Ergebnissen der anderen 17 Versuchspersonen mit kürzerer Verweildauer dienen. Auch in 4000 m Höhe hielten sich diese 4 Probanden der ersten Gruppe fast 30 Minuten auf, bevor nach Abschluß der Untersuchungen der Versuch beendet werden konnte.

Ergebnisse der I. Gruppe

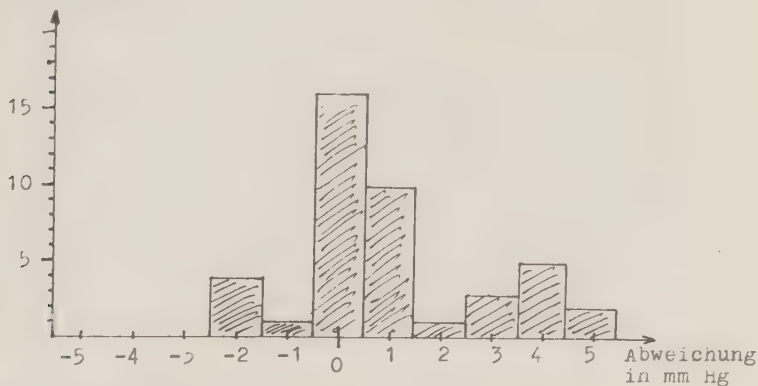
Die zugehörigen Versuchsprotokolle mit Tabellierung der Meßwerte und graphischer Darstellung sind im Anhang zusammengestellt.

Der vor Versuchsbeginn ermittelte durchschnittliche Wert des intraokularen Druckes aller Augen betrug 15,7 mmHg, der Blutdruck der Versuchspersonen 119/78 mmHg und die Pulsfrequenz hatte einen Durchschnittswert von 78 pro Minute.

Änderung des intraokularen Druckes in 2500 m Höhe

Bei den 21 gesunden Versuchspersonen der I. Gruppe kam es bei einem Unterdruck entsprechend 2500 m Höhe zu einer durchschnittlichen Zunahme des

Häufigkeit

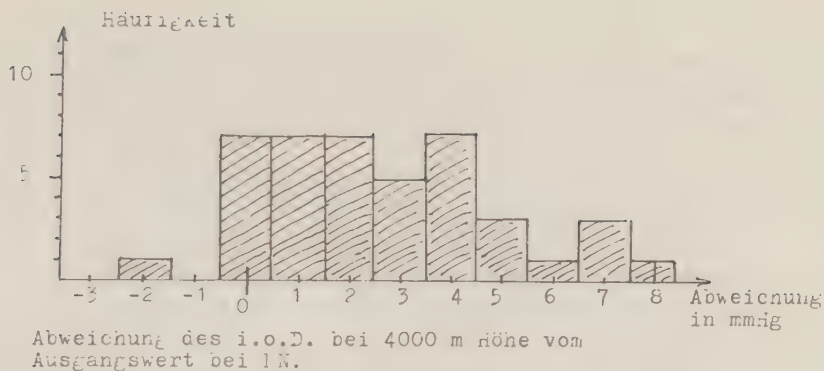


Abweichungen des i.o.D. bei 2500 m Höhe vom Ausgangswert bei NN.

intraokularen Druckes um 1,1 mmHg auf 16,8 mmHg. Die größte Abweichung vom Ausgangsdruckwert wurde bei einer 26 jährigen Probandin mit einer Innendrucksteigerung um 4,7 mmHg an beiden Augen gemessen. (siehe Protokoll Nr. 18) Bei einigen Probanden wurde auch ein Absinken des i.o.D. bis um 2,5 mmHg festgestellt (Protokoll Nr. 6).

Änderung des intraokularen Druckes in 4000 m Höhe

In einer Höhe von 4000 m kam es bei den 21 Probanden zu einer durchschnittlichen Steigerung des i.o.D. um 2,6 mmHg gegenüber dem Wert in Meereshöhe. Bemerkenswert, daß bei der bereits erwähnten 26 jährigen Versuchsperson (Protokoll Nr.18) hier keine weitere Steigerung ihres Augeninnendruckes gegenüber den in 2500 m um 4,7 mmHg gesteigerten Wertes gemessen wurde. Nur bei einer Probandin blieb der Wert weiterhin unverändert 2,5 mmHg unter dem des Anfangwertes (Protokoll Nr.6). Die größte Abweichung vom Ausgangswert bei normalem Luftdruck wurde bei einer 21-jährigen Versuchsperson in 4000 m Höhe mit einem Anstieg um 8,5 mmHg gemessen (Protokoll Nr.2). Bei dieser Probandin stieg der intraokulare Druck des rechten Auges auf einen Wert von 24,4 mmHg an. dabei handelt es sich um den nächsten Augeninnendruck der bei den 21 gesunden Versuchspersonen gemessen wurde.



Die Probandin gehörte zu den 4 Versuchspersonen (Protokoll Nr. 1 - 4) die sich für längere Zeit im Unterdruck aufhielten. (vgl. S.12) Nach 10-minütigem Ausstieg blieb diese 4er Gruppe 37 Minuten im Unterdruck entsprechend 2500 m Höhe. bei den nach dieser Zeit durchgeführten Augeninnendruckmessungen gab es bei Proband I keine Abweichung, bei der Probandin II wurde am linken Auge eine Drucksenkung um 1,7 mmHg und am rechten Auge eine Druckernöhung um 1,4 mmHg gemessen. Die Probanden III und IV wiesen jeweils nur an einem Auge eine leichte Drucksteigerung auf.

Anschließend wurde der Druck auf 462 mmHg, entsprechend 4000 m Höhe, gesenkt und nach ca. 25 Minuten Aurenthalt tonometriert. Hier zeigte sich der plötzliche Druckanstieg im rechten Auge

bei der Probandin II auf 24,4 mmHg, während sich der Druck im linken Auge nur um 1,8 mmHg auf 22,4 mmHg erhöhte.

Eine mögliche Erklärung für diesen plötzlichen Druckanstieg könnte mit den Veränderungen des intraokularen Druckes bei Frauen im Zusammenhang mit dem Menstruationszyklus gefunden werden. Czaplicki, J. und Zacharczyk, A. (1960) beschreiben in einer Arbeit, daß auf Grund von Augendruckbestimmungen bei 12 Frauen im Alter von 18 bis 22 Jahren festgestellt wurde, daß im Laufe des Menstruationszyklus im allgemeinen 3 Augendruckerhöhungen auftraten: einige Tage vor, während der Menses, beide mit großen Tagesschwankungen verbunden, und ein später Druckanstieg (bis 30 mmHg) der mit der Ovulation zusammenfällt. Nach genauem Befragen unserer Probandin ist es möglich, daß der Untersuchungstag mit dem Ovulationstag bei ihr übereinstimmte.

Auch die Probanden I und III überschritten während des längeren Aufenthaltes im Unterdruck mit einem intraokularen Druck von 22,4 mmHg unwesentlich die physiologische Grenze. Es sei an dieser Stelle aber noch einmal darauf hingewiesen, daß sich die ersten 4 Probanden über 1 Stunde und 20 Minuten in der Unterdruckkammer aufgehalten haben, während dieser Zeit keine Frischluft zugeführt wurde und auch die ständig zunehmende Temperatur im Kammerinnern nicht reguliert wurde.

Bei den anderen 17 Probanden die bereits nach kürzeren Aufenthaltszeiten im Unterdruck tonometriert wurden, wurde nur bei einem Probanden ein minimales einseitiges Überschreiten der physiologischen Druckgrenze auf 22,4 mmHg festgestellt. (Protokoll Nr.7) Alle anderen Meßwerte im Unterdruck änderten sich bei dem genannten Probanden gegenüber seinen Werten vor Versuchsbeginn nicht.

Änderung des intraokularen Druckes bei Versuchs- ende nach Wiederherstellung normaler Druckver- hältnisse.

Kurz nach Anschluß der Druckmessungen bei einem Unterdruck entsprechend 4000 m Höhe und Beendigung des Versuches, wurde noch einmal der intraokulare Druck bei Normaldruck entsprechend Meereshöhe bestimmt. Der Augeninnendruck zeigte bei den 21 Versuchspersonen der I. Gruppe ein durchschnittliches Absinken um 1,7 mmHg auf 14 mmHg gegenüber dem Wert vor Versuchsbeginn mit einem Mittelwert von 15,7 mmHg.

Besonders ausgeprägt sank bei Probandin II aus der 4er Gruppe der intraokulare Druck im linken Auge um 7,2 mmHg. Bei dieser Versuchsperson wurde auch, wie bereits beschrieben, im Unterdruck entsprechend 4000 m Höhe die größte Drucksteigerung von allen Probanden gemessen (vgl.S.14), dieses Mal jedoch auf dem gegenseitigen Auge. Bei zwei Versuchspersonen (Protokoll Nr. 6 u. 8) blieb der intraokulare Druck jeweils auf dem linken Auge um 3,7 mmHg bzw. um 1,3 mmHg gegenüber dem Wert vor Versuchsbeginn erhöht, während das andere

Auge ebenfalls einen erniedrigten Wert aufwies.

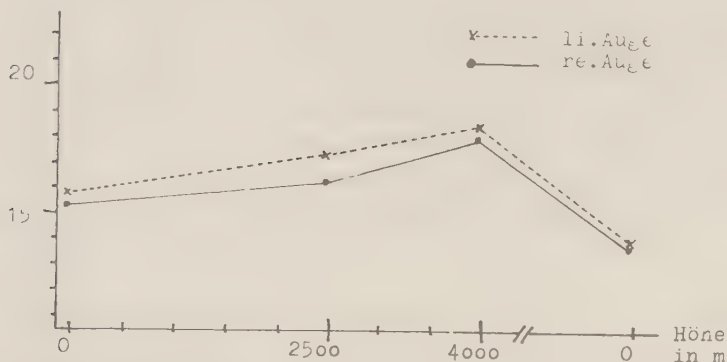
Häufigkeit



Im nachfolgenden Diagramm werden noch einmal zusammenfassend die durchschnittlichen Werte des intraokularen Druckes aller 21 augengesunder Probanden vor Versuchsbeginn, bei einem Druck von 560 mmHg entsprechend 2500 mmHöhe, bei 462 mmHg

entsprechend 4000 m Höhe sowie nach Beendigung des Unterdruckversuches bei Wiedererlangung des normalen Luftdruckes dargestellt.

mmHg

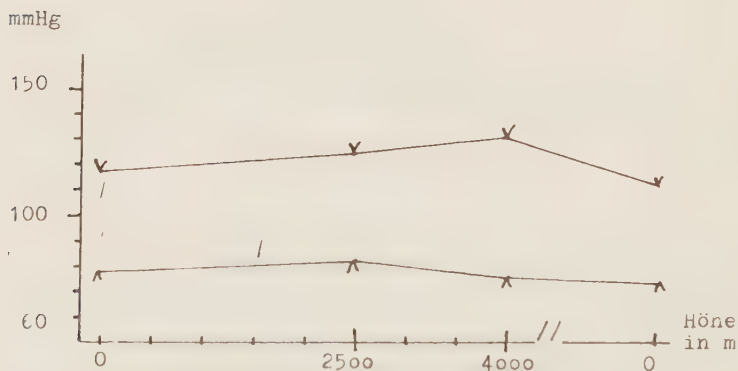


Kurve der Durchschnittswerte des i.o.D. in unterschiedlichen Höhen

Blutdruckschwankungen während der Versuche

Der Blutdruck der 21 Probanden hatte vor Versuchsbeginn einen durchschnittlichen Wert von 119/78 mmHg, gemessen nach Riva Rocci an der Arteria brachialis des linken Oberarmes. bei der Luftdruckverminderung entsprechend einer

Höhe von 2500 m. stieg bei den 21 Versuchspersonen der systolische Blutdruck von durchschnittlich 119 mmHg um 6 mmHg auf 125 mmHg, der dazugehörige diastolische Wert vergrößerte sich um 4 mmHg auf 82 mmHg. Bei der anschließenden Luftdrucksenkung entsprechend 4000 m Höhe wurde eine weitere Zunahme des systolischen Blutdruckes um 5 mmHg auf 130 mmHg als Durchschnittswert aller Probanden gemessen. Der diastolische Wert verringerte sich in dieser Höhe um durchschnittlich 5 mmHg von den in 2500 m Höhe gemessenen Wert auf 77 mmHg, so daß sich die Blutdruckamplitude vergrößerte (siehe Graphik).



Durchschnittliche Werte des Blutdruckes in unterschiedlichen Höhen

Im Anschluß an den Versuch nach Wiedererlangung des normalen Luftdruckes von 760 mmHg, entsprechend Meereshöhe, wurde bei der Blutdruckkontrolle ein Absinken des systolischen Druckes unter den Wert vor Versuchsbeginn festgestellt. Der durchschnittliche Blutdruck betrug nach Versuchsende 113/75 mmHg gegenüber einem Wert von 119/78 mmHg vor Versuchsbeginn. Die in 4000 m Höhe aufgefallene vergrößerte Blutdruckamplitude hat sich nach Abschluß des Versuches wieder verringert.

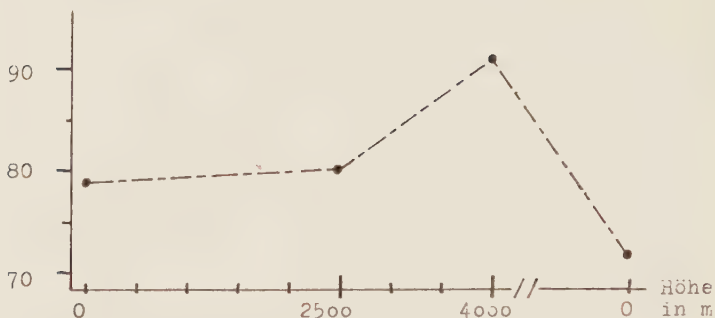
Reaktionen der Herzfrequenz bei Luftdrucksenkung während der Versuche.

Der Puls stieg bei den 21 Versuchspersonen mit durchschnittlich 80 Schlägen pro Minute in 2500 m Höhe gegenüber dem Wert in Meereshöhe um 2 pro Minute leicht an.

In 4000 m Höhe kam es zu einer weiteren mittleren Frequenzsteigerung um 12 Schläge pro Minute auf 92/Minute.

Wie bereits bei den durchschnittlichen Werten des intraokularen Druckes und des Blutdruckes beobachtet, sank auch die mittlere Pulsfrequenz nach Beendigung des Versuches unter den zu Beginn des Versuches gemessenen durchschnittlichen Wert von 78 auf 73 Schläge pro Minute ab. (s. Diagramm)

Herzfrequenz



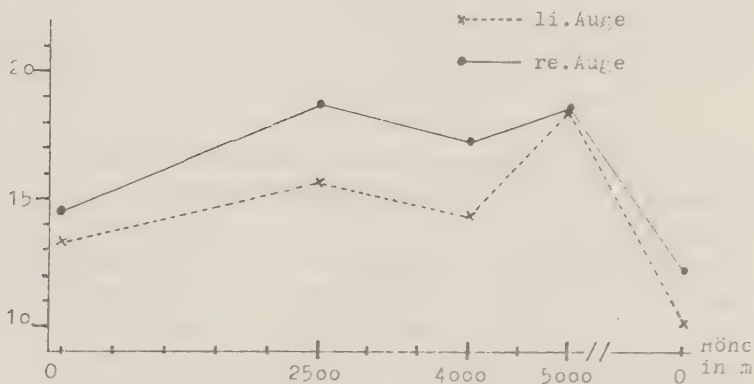
Durchschnittliche Herzfrequenz in unterschiedlichen Höhen

Senkung des Luftdruckes auf 404,8 mmHg entsprechend 5000 m Höhe

Wie bereits angeführt (S. 12), wurde ein Proband der I. Gruppe gesunder Versuchspersonen vorübergehend einem Unterdruck von 404,8 mmHg entsprechend 5000 m Höhe ausgesetzt, um eine zusätzliche Untersuchung unter noch ungünstigeren Bedingungen durchführen zu können mit der Fragestellung, inwieweit diese weitere Drucksenkung Auswirkungen auf den intraokularen Druck und die beiden Kreislaufparameter Blutdruck und Herzfrequenz hat. (Protokoll Nr. 5) Auch in dieser Höhe wurde kein Sauerstoff zugeführt.

Nachdem nach 4 bzw. $9\frac{1}{2}$ Minuten die Höhen von 2500 m bzw. 4000 m erreicht und die jeweiligen Untersuchungen durchgeführt worden sind, wurde der Kammerdruck innerhalb von 90 Sekunden um weitere 57 mmHg auf 404,6 mmHg gesenkt, entsprechend einer Höhe von 5000 m.

mmHg



Merkmale des i.o.D. von Proband V im Unterdruck

Wie bei 2500 und 4000 Metern Höhe, so ergaben auch die Meßwerte in 5000 m Höhe keine pathologischen Befunde, und der intraokulare Druck beider Augen blieb mit 18,9 mmHg im physiologischen Bereich.

Der Blutdruck erreichte bei dem zur Hypertonie neigenden Probanden einen Wert von 150/100 mmHg, der Puls stieg auf 100 pro Minute.

Die Druckerhöhung auf Meereshöhe erfolgte langsam innerhalb von 15 Minuten. Bei der anschließenden Messung des intraokularen Druckes wurde am linken Auge ein Wert von 10,2 mmHg, rechts 12,2 mmHg ermittelt. Beide Werte lagen, wie auch bei den meisten anderen Versuchspersonen, deutlich unter dem Wert vor Versuchsbeginn.

Ebenso lagen der Blutdruckwert und die Herzfrequenz unter den Anfangswerten.

Das Verhalten des intraokularen Druckes bei Patienten mit Glaucoma simplex (Weitwinkelglaukom) im Unterdruck

Neben der I. Gruppe augengesunder Versuchspersonen wurde es mir dank der freundlichen Unterstützung durch Herrn Dr. Spalek aus Eichstätt ermöglicht, eine II. Gruppe, bestehend aus 4 seiner Patienten mit bekanntem Glaucoma simplex, zu untersuchen.

Das Glaucoma simplex

Bei Glaucoma simplex besteht trotz eines normal weiten und völlig offenen Kammerwinkels (s. Abb. S. 3) ein Abflußhindernis für das Kammerwasser, so daß

es, im Gegensatz zum Engwinkelglaukom, zu einer unbemerkten und schleichenden Erhöhung des intraokularen Druckes kommt. Fast immer fehlen subjektive Symptome Kopfschmerzen, Augenschmerzen oder Regenbogenfarben- oder Nebelsehen, so daß die Krankheit lange Zeit unbemerkt verläuft, da auch objektiv das Auge unverändert und reizfrei bleibt. Oft merkt der Erkrankte dann erst im Spätstadium einen peripheren Gesichtsfeldausfall oder eine Senverschlechterung. In der Regel werden beide Augen befallen. Meist auf Alterungsvorgängen beruhend, wie zum Beispiel Rigiditätszunahme der Leuernaht, bindegewebigen Umlau des Ziliarsystems sowie abflusshindernde Verdichtung und Verfilzung des Trabekelsystems, kommt es zu einer Beeinträchtigung des Kammerwasserabflusses in den Schlemmschen Kanal, obwohl der Kammerwinkel normal weit und offen ist. Der Augeninnendruck beim unehandelten Weitwinkelglaukom liegt meist zwischen 25 und 40 mmHg.

Vorkommen und Häufigkeit des Glaucoma simplex

Nach Hollwich findet sich bei 4% der Altersklassen über 50 Jahre ein primäres Glaukom. Wegen des zirkadianen Tagesverlaufs der Augeninnendruckkurve empfiehlt er mehrmalige Bestimmungen des i.o.D. und beschreibt, daß in 80% der Fälle von Glaucoma simplex der Morgenwert am höchsten sei.

Leydhecker schreibt, daß das Glaucoma simplex nach dem 40. Lebensjahr immer häufiger anzutref-

fen sei und rund 2% der Bevölkerung in allen Ländern nach dem 40. Lebensjahr an einem Weitwinkelglaukom erkrankt seien, davon viele in Unkenntnis über ihre schleichende Erkrankung, die die häufigste Ursache der Erblindung in den meisten Kulturländern sei.

Brav und Kirber untersuchten bereits 1951 über 10000 freiwillige Industriearbeiter und fanden ebenfalls bei rund 2% der über 40-jährigen bisher unentdeckte Glaukome.

Catlett und Kidera (1968) untersuchten den intraokularen Druck aller männlichen fliegenden Beschäftigten der US Airlines über 40 Jahre. Bei 49 von insgesamt 2046 Personen, was 2,4% entspricht, war der Augendruck erhöht, jedoch nur bei 9 der untersuchten Personen, oder 0,44% der gesamten Versuchsgruppe, gab es die Anzeichen für eine glaukomatöse Erkrankung.

In einer weiteren Untersuchung von Catlett und Kidera wurden 3039 junge Pilotenbewerber untersucht, bei denen nur in 3 Fällen (0,1%) ein erhöhter intraokularer Druck gemessen wurde.

Die Ergebnisse von Catlett und Kidera stehen also im Widerspruch zu den Angaben der anderen Autoren die das 2%-ige Vorkommen eines asymptomatischen Glaucoma simplex bestätigen.

Durchführung des Unterdruckversuches mit den Glau- kompatienten

Die 4 an diesem Versuch teilnehmenden Patienten der II. Gruppe, 3 Männer und eine Frau im Alter von 36 bis 69 Jahren, standen wegen ihres Glaucoma simplex unter laufender Behandlung und tropften sich ihre den intraokularen Druck senkenden Medikamente selbst. Ein 49-jähriger Proband (Protokoll Nr. 22) war hyperop, die 46-jährige Patientin und ein weiterer 36-jähriger Proband emmetrop (Protokoll Nr. 23 u. 24) und der mit 69 Jahren älteste Proband und Patient mit Weitwinkelglaukom war mit -10 Dioptrien extrem myop. (Protokoll Nr. 25)

Versuchsdurchführung

Der Versuch wurde morgens in der Zeit zwischen 9 und 10 Uhr durchgeführt, nachdem sich die Patienten $1\frac{1}{2}$ bis 2 Stunden vorher die Medikamente wie gewohnt getropft hatten. Um einen unvorhersehbaren eventuellen Zwischenfall sofort fachärztlich behandeln zu können, überwachte Herr Dr. Spalek seine 4 Patienten selbst und nahm alle tonometrischen Messungen selbst vor. Verwendet wurde ein PERMINS-Handapplanationstonometer dessen Funktionsweise bereits auf Seite 5 beschrieben wurde.

Parallel zu den tonometrischen Augeninnendruckbestimmungen wurden wieder Blutdruckmessungen nach Riva Rocci an der Arteria brachialis des linken Oberarmes sowie Pulskontrollen über 15 Sekunden durchgeführt.

Da ein Applanationstonometer verwendet wurde konnten, anders als bei den Probanden der I. Gruppe, alle Messungen im Sitzen durchgeführt werden.

Die erste Messung wurde ebenfalls wieder vor dem Versuch bei normalem Luftdruck durchgeführt. Dann wurde innerhalb von 2 Minuten der Kammerdruck von 760 mmHg auf 560 mmHg gesenkt, entsprechend einer Höhe von 2000 Metern. Bei diesem dem Innendruck in den Druckkabinen der Passagierflugzeuge entsprechendem Druck, wurde die zweite Messung vorgenommen.

Anschließend wurde der Druck wieder entsprechend Meereshöhe erhöht und nach Beendigung des Druckausgleiches eine dritte Bestimmung des intraokularen Druckes sowie der beiden Kreislaufparameter vorgenommen. Die Versuche wurden von allen Teilnehmern ohne irgendwelche Komplikationen oder Mißempfindungen ausnahmslos gut vertragen.

Ergebnisse der II. Gruppe

Die zugehörigen Versuchsprotokolle der Probanden mit Weitwinkelglaukom sind im Anhang mit Tabellierung und graphischer Darstellung der Meßergebnisse zusammengefaßt.

Wie den Protokollen zu entnehmen ist, betrug der durchschnittliche intrakulare Druck aller Augen vor Versuchsbeginn 15,9 mmHg, mit einem kleinsten Wert von 11 mmHg (Proband 22) und einem maximalen Druck von 19 mmHg bei zwei anderen Probanden. Die gleichzeitig durchgeführten Blutdruckmessungen

ergaben einen Durchschnittswert von 145/89 mmHg, die Herzschlagfrequenz betrug durchschnittlich 75 Schläge pro Minute.

Änderung des intraokularen Druckes in 2500 m Höhe

Die Durchschnittswerte des Augeninnendruckes im Unterdruck entsprechend einer Höhe von 2500 m bewegten sich, wie in der I. Gruppe mit augengesunden Versuchspersonen, auch bei den Glaukomkranken im physiologischen Bereich. Es kam zu einer mittleren Zunahme des intraokularen Druckes um 2,4 mmHg auf einen Durchschnittswert von 18,25 mmHg. Lediglich der bereits zu Versuchsbeginn etwas nervös wirkende 69-jährige glaukomkranke Proband (Protokoll Nr. 25) erreichte in dieser Höhe mit einem Augeninnendruck von 23 mmHg links und 25,5 mmHg rechts Werte, die im physiologischen Grenzbereich liegen.

Bei der 46-jährigen Probandin sank der intraokulare Druck bei einer Höhe von 2500 m um 1 mmHg links und 0,5 mmHg rechts gering ab gegenüber dem Anfangswert vor Versuchsbeginn (Protokoll 23).

Keine Änderung des Augeninnendruckes wurde beim jüngsten teilnehmenden Glaukomkranken in 2500 m Höhe gemessen. Seine Werte blieben mit 14 mmHg links und 13 mmHg rechts unverändert (Protokoll Nr. 24).

Änderung des intraokularen Druckes der glaukom-
kranken Probanden bei Versuchsende nach Wieder-
herstellung normaler Druckverhältnisse.

Nachdem der Luftdruck entsprechend einer Höhe von 2500 m wieder auf das in Meereshöhe herrschende Druckniveau erhöht worden ist, wurde sofort eine weitere Bestimmung des intraokularen Druckes durchgeführt. Dabei ergab sich ein durchschnittliches Absinken des Augeninnendruckes um fast 1 mmHg von 18,25 mmHg in 2500 m Höhe auf 17,3 mmHg in Meereshöhe. Damit blieb der durchschnittliche Augendruck um ca. 1,4 mmHg über dem Anfangswert vor Versuchsbeginn mit 15,9 mmHg.

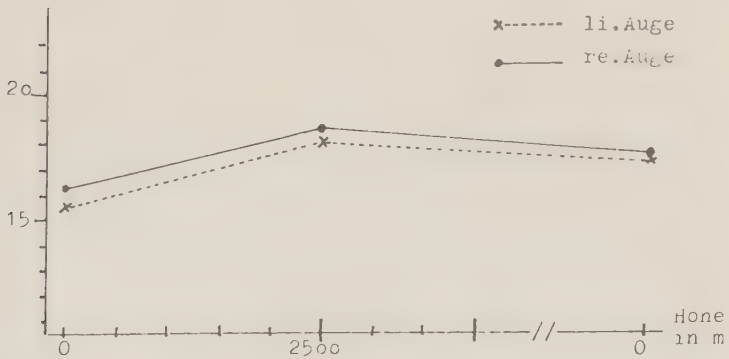
Bei der 46-jährigen Probandin sank der Meßwert des intraokularen Druckes, wie auch schon bei 2500 m Höhe beschrieben, weiterhin um 0,5 mmHg links und 1 mmHg rechts ab (Protokoll 23).

Ebenfalls eine Augeninnendruckminderung um 1 mmHg gegenüber dem Anfangswert, der mit dem Wert in 2500 m Höhe identisch war, zeigte sich bei dem 36-jährigen jungen Glaukompatienten nach Versuchsabschluß (Protokoll 24).

Der 69-jährige Patient, dessen intraokularer Druck während des Höhenaufenthaltes eine kritische Grenze erreichte, hatte nach dem Versuch eine Abnahme des Druckes im linken Auge um 2 mmHg und im rechten um 3,5 mmHg gegenüber dem Wert in 2500 m Höhe zu verzeichnen (Protokoll 25).

Anders verhält sich die Augendruckkurve des 49-jährigen Probanden (Protokoll 22), bei dem auch nach Beendigung des Versuchs beidseits eine Zunahme um je 1 mmHg gemessen wurde, so daß bei ihm eine Innendrucksteigerung von 7 mmHg im linken Auge und 3 mmHg im rechten Auge gegenüber dem Wert vor Versuchsbeginn tonometriert werden konnte. Mit 18 mmHg links und 17 mmHg rechts blieben seine Druckwerte jedoch weiterhin im physiologischen Bereich.

mmHg



Kurve der Durchschnittswerte des i.o.D. von Glaukompatienten in unterschiedlichen Höhen

Änderungen des Blutdruckes während des Versuches
bei Probanden mit Glaucoma simplex

Der Blutdruck der 4 Glaukompatienten hatte vor Versuchsbeginn einen durchschnittlichen Wert von 145/89 mmHg. Da der 69-jährige Patient mit einem Wert von 180/90 mmHg einen relativ hohen Blutdruck hatte, führte dies zu einem erhöhten Mittelwert der 4 Probanden.

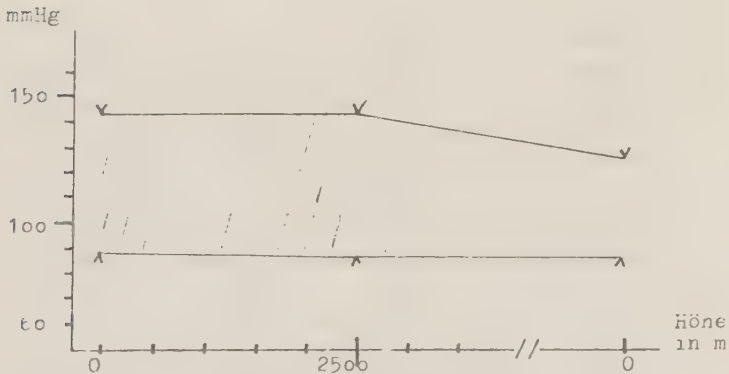
Bei der Luftdruckverminderung um 200 mmHg auf 560mmHg entsprechend 2500 m Höhe sank der durchschnittliche systolische und diastolische Blutdruck der 4 Probanden geringfügig von 145/89 mmHg auf 144/87 mmHg. Der Mittelwert der Amplitude vergrößerte sich unwesentlich um 1 mmHg.

Die größten Abweichungen des in 2500 m Höhe gemessenen Blutdruckwertes von dem in Meereshöhe ermittelten traten bei dem 49-jährigen Probanden auf (Protokoll 22), bei dem der systolische Wert um 20 mmHg anstieg, während sich der diastolische Wert um 5 mmHg erhöhte, so daß sich bei ihm die Blutdruckamplitude um 15 mmHg vergrößerte.

Die im Anschluß nach Beendigung des Versuches durchgeführten Blutdruckmessungen bei normalem Luftdruck entsprechend Meereshöhe ergaben ein durchschnittliches Absinken des systolischen Druckes um 17,5 mmHg von 145 mmHg vor Versuchsbeginn auf 127,5 mmHg nach Versuchsende. Der diastolische Blutdruck nahm nur geringfügig ab. (s. Tabelle u. Graphik)

Mit einer Abnahme des systolischen Blutdruckes um 40 mmHg nach Versuchsende gegenüber dem Wert vor Versuchsbeginn, wurde bei dem bereits erwähnten 69-jährigen Probanden die größte Abweichung vom Ausgangswert festgestellt. (Protokoll 25) Es ist nicht ausgeschlossen, daß der hohe Blutdruck vor Versuchsbeginn mit Aufregung und Nervosität zu erklären ist.

Die durchschnittliche Blutdruckamplitude hat sich nach Abschluß des Versuchs um 16 mmHg von 56 mmHg auf 40 mmHg vermindert.



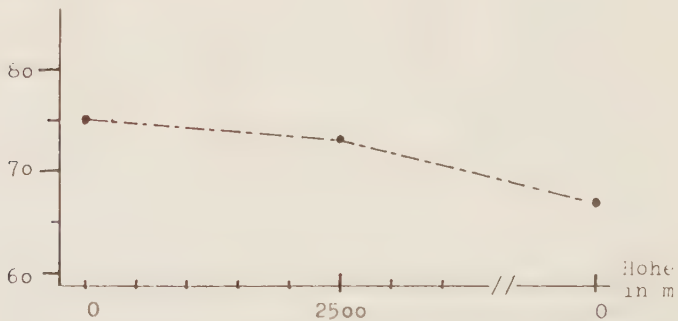
Durchschnittliche Werte des Blutdruckes von Glaukompatienten in unterschiedlichen Höhen

Reaktionen der Herzfrequenz Glaukomkranker bei
Luftdrucksenkung während des Versuchs

Vor Beginn des Unterdruckversuches betrug die durchschnittliche Pulsfrequenz 75 pro Minute und verringerte sich auf 73/Minute in 2500 m Höhe.

Nach Beendigung des Versuches sank dann die Herzfrequenz um 8 Schläge pro Minute ab und unter den zu Beginn des Versuches protokollierten durchschnittlichen Wert von 75/Minute auf 67 pro Minute .

Herzfrequenz



Durchschnittliche Herzfrequenz der Glaukomkranken
in unterschiedlichen Höhen

Diskussion

Bei Auswertung der vorliegenden Versuchsprotokolle konnte kein wesentlicher Einfluß des herabgesetzten Luftdruckes auf den intraokularen Druck gesunder und glaukomkranker Augen festgestellt werden. Die geringen, den physiologischen Schwankungsbereich nicht überschreitenden Veränderungen des Augeninnendruckes während des Unterdruckversuches, können nicht zur Auslösung eines Glaukomanfalles führen.

Vergleiche der Versuche mit bereits vorliegenden Ergebnissen

Da die Luftdruckänderungen während der Versuche den Flugbedingungen im zivilen Bereich angepaßt wurden, die Versuchspersonen also keinen unnötig extremen Belastungen ausgesetzt waren, könnten hier fehlende Übereinstimmungen mit den Arbeiten anderer Autoren ihre Begründung finden.

Niesel (vgl.S.6) der seine Versuche bei rascher Erniedrigung des Luftdruckes durchführte gibt an, daß die von ihm gefundenen Augeninnendrucksteigerungen um so deutlicher aufgetreten sind, je rascher die Luftdruckänderung durchgeführt wurde. Aber auch er beschreibt, daß es bei seinen Befunden schnell zu einer Normalisierung des intraokularen Druckes im Unterdruck gekommen sei, nachdem

sich der Kreislauf umgestellt hätte. Er begründet die Augeninnendrucksteigerung im Unterdruckversuch mit einer Mehrdurchblutung und vermehrten Blutfüllung des Auges. Obwohl Niesel bei der Beschreibung eines solchen Unterdruckversuches eine Steigerung des intraokularen Druckes um 7 mmHg feststellte, lag auch dieser Wert mit 20 mmHg noch im physiologischen Normbereich.

Auch Furuya (vgl.S.7) schreibt, daß die gesteigerte Tension im Unterdruck bei gleichbleibender Unterdruckshöhe allmählich wieder zum Anfangsausgendruck absinkt. Er nahm seine Druckmessungen an 6 Versuchspersonen (3 Sympathicotoniker und 3 Vagotonikern) bei 4000 - 5000 m Höhe vor und stellte bei Sympathicotonikern einen höheren Grad der Augendrucksteigerung fest als bei Vagotonikern. Außerdem fand er eine Abschwächung des Unterdruckeinflusses bei Inhalation von Sauerstoff. Nach Beendigung des Aufenthaltes im Unterdruck sank der Augendruck seiner Probanden vorübergehend unter den Anfangswert und erlangte nach 30 Minuten wieder den Anfangsdruck.

Diese Beobachtung wird in vorliegender Untersuchung der 21 augengesunden Versuchspersonen bestätigt, bei denen der intraokulare Druck nach Beendigung des Aufenthaltes im Unterdruck um durchschnittlich 1,7 mmHg unter dem Anfangswert vor Versuchsbeginn lag.

Ascher (vgl.S.8), der seine Versuche unter den im normalen Flugverkehr üblichen Bedingungen durchführte und keinen eindeutigen Einfluß des erniedrigten Luftdruckes auf den intraokularen Druck feststellte, bestätigt die von ihm bereits früher gemachten Feststellungen mit weiteren Versuchen. In pneumatischen Kammern konnte er sowohl bei Erhöhungen als auch bei Erniedrigungen des Luftdruckes innerhalb gewisser Grenzen keinen wesentlichen Einfluß auf den Augendruck gesunder und glaukomatöser Augen feststellen. Er führte Versuche mit Glaukomkranken durch und es ergaben sich sowohl bei $\frac{1}{3}$ Atmosphäre Überdruck, wie auch $\frac{1}{3}$ Atmosphäre Unterdruck, entsprechend 3000 m Höhe, keine wesentlichen Änderungen des intraokularen Druckes. Ascher folgert, daß auch kompensierten Glaukomkranken ohne Gefahr für die Druckverhältnisse im Auge Höhenänderungen gestattet werden können.

Auch H.Kalthoff, S.John u. V.Scholz (1975), die 30 Sporttaucher einem Überdruck von 2 - 4 atm aussetzten, konnten bei ihrer Untersuchung über das Verhalten des Augeninnendruckes nur geringe Schwankungen von durchschnittlich 2 - 3 mmHg feststellen und folgern, daß auch Patienten mit einem chronischen Glaukom bei guter medikamentöser Einstellung tauchsporttauglich sind.

Norris L. Newton, William B. Clark, James F. Culver a. James T. Moore untersuchten bei 60 Versuchspersonen den intraokularen Druck entsprechend einer Höhe von 9000 m mit der Fragestellung, ob ein kurzfristiger Aufenthalt bei stark herabgesetzten Umgebungsdruck zu Veränderungen des Augeninnendruckes oder der Ausflußleistung führt und konnten keine Veränderungen der Werte gegenüber dem Befund bei normalem Luftdruck feststellen. (vgl. S. 7) Die Verfasser schließen, daß die Höhe auch bei Patienten mit erhöhtem Augendruck keinen ungünstigen Einfluß habe, selbst dann nicht, wenn ein enger Kammerwinkel wie beim Glaucoma acutum vorliegt. Nach ihrer Meinung dürften sogar bei Raumflug und Schwerelosigkeit kardiovaskuläre Regulationen für die Konstanz des intraokularen Druckes und der Blutverteilung sorgen.

Für Piloten fordern J.F. Culver und W.B. Clark (1963) routinemäßige Kontrollen des Augeninnendruckes. Sollte dabei zweimal ein Druck von über 22 mmHg oder einmal ein Druck von über 25 mmHg gemessen werden, oder Tensionsdifferenzen von mehr als 4 mmHg zwischen rechts und links festgestellt werden, so empfehlen sie eine Überweisung zum Augenarzt und halten die Piloten während einer eventuell erforderlichen Behandlung für fluguntauglich.

Clarke C. und Duff J. die 1975 während einer Mount Everest Expedition unter anderem Augeninnendruck-

messungen während des Aufstiegs auf 6000 m vornahmen, fanden bei ihren Untersuchungen alle intraokularen Druckwerte innerhalb normaler Grenzen.

Folgerung

Da keine das physiologische Maß überschreitenden Veränderungen des Augeninnendruckes aufgetreten sind, stimmen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit mit den meisten in jüngerer Zeit gemachten Untersuchungen über das Verhalten des intraokularen Druckes im Unterdruck überein. Es erscheint somit fraglich, ob Punkt X der "Empfehlungen zu den Beförderungsbestimmungen im Luftverkehr" der IATA angezeigt ist, da kein Grund zu der Annahme besteht, daß eine Disposition zum Glaukom oder eine Glaukomerkrankung durch einen Höhengaufenthalt in einer Druckkabine ungünstig beeinflusst wird.

Hollwich beschreibt 3 disponierende Faktoren, die in Kombination zu einem akuten Glaukomanfall führen können. Erstens nennt er eine lokale Disposition mit kleinem Hornhautdurchmesser, flacher Vorderkammer, hypertrophen Ziliarkörper und einer relativ großen Linse, so daß daraus ein enger Kammerwinkel resultiert. Zweitens eine allgemeine Disposition, d.h. auf Alterungsvorgängen beruhend sowie psychophysischer Labilität und drittens einen auslösenden Faktor. Zu den häufigsten auslösenden Faktoren für einen akuten Glaukomanfall gehören nach Hollwich

mit 31% seelische Erregung, gefolgt von körperlicher Anstrengung mit 16% und toxischen Wirkungen (Alkohol, Coffein) mit 15%.

Es sollte nicht außer Acht gelassen werden, daß sich ein akutes Glaukom, im Gegensatz zum Glaucoma simplex, innerhalb weniger Stunden entwickelt und anfallsweise den intraokularen Druck bis auf das fünffache seines Normalwertes steigern kann. Es entsteht durch eine akute Verlegung des Kammerwinkels und ist ein unvorhersehbares Ereignis, so daß selbst kurz vor einem solchen Vorkommnis durchgeführte augenärztliche Untersuchungen keine pathologischen Befunde ergeben, die auf einen wenige Tage später folgenden Anfall hinweisen würden.

Es ist also nicht vorhersehbar, wann und ob der Fußgänger, Kraftfahrer oder Flugzeugpassagier von einem akuten Glaukomanfall überrascht wird. Kommt es jedoch zu solch einem akuten Anfall, so wird der betroffene Patient heute fast ausnahmslos innerhalb weniger Tage iridektomiert, um eine Verbindung zwischen der hinteren und vorderen Augenkammer herzustellen und den Kammerwasserabfluß sicherzustellen. Dieses Operationsverfahren wird meistens auch am zweiten Auge prophylaktisch durchgeführt, da an beiden Augen der Kammerwinkel gleich eng zu sein pflegt und somit auch hier ein Anfall droht. Dadurch kann es zu keinem erneuten Winkelblock kommen und der operierte Patient hat auch bei Flugreisen kein höheres allgemeines Risiko als alle anderen Passagiere.

Da der akute Glaukomanfall also ein unvorhersehbares Ereignis ist, wie z.B. der Herzinfarkt auch, und jederzeit und an jedem Ort auftreten kann, also auch während eines längeren Fluges, wäre den Luftverkehrsgesellschaften vielleicht besser zu empfehlen, einige Notfallmedikamente für diesen Fall an Bord zu haben.

Das akute Glaukom ist durch seine drei Kardinalsymptome relativ leicht und ohne Hilfsmittel erkennbar:

1. einseitige gerötete Bindehaut
2. steinhart tastbarer Augapfel
3. weite, reaktionslose Pupille

Hinzu kommen die subjektiven Symptome wie heftige dumpfe Schmerzen im oder um das betroffene Auge herum, Sehverschlechterung, Tränenfluß und Übelkeit zum Teil mit Brechreiz, Schüttelfrost und Fieber.

Notfalltherapeutisch können dann in einem solchen Fall zum Beispiel Pilocarpintropfen 1%ig alle 10 Minuten eine Stunde lang, dazu Diamox 3 x 250 mg oral und eventuell 2 Glas Weinbrand gegeben werden. Zusätzlich kämen Analgetika wie Dolantin in Frage. Mit einem solchen Therapieschema kann die Zeit bis zur nächsten Landung und Einweisung in eine Klinik überbrückt werden.

Zusammenfassung

Untersucht wurde bei 25 Versuchspersonen das Verhalten des intraokularen Druckes, des Blutdruckes und der Herzfrequenz in der Unterdruckkammer bei herabgesetzten Luftdruck.

Bei einer ersten Gruppe mit 21 gesunden Probanden wurden die Untersuchungen in einer Höhe entsprechend 2500 m und 4000 m durchgeführt, sowie jeweils kurz vor und nach dem Aufenthalt im Unterdruck. In 2500 m Höhe nahm der intraokulare Druck um durchschnittlich 1,1 mmHg, in 4000 m Höhe um durchschnittlich 2,6 mmHg gegenüber dem Wert vor Versuchsbeginn zu. Nach Beendigung des Unterdruckversuches lag der Mittelwert des Augeninnendruckes 1,7 mmHg unter dem Anfangswert. Die physiologischen Grenzen normaler Tagesschwankungen wurden nicht überschritten.

Blutdruck und Herzfrequenz verhielten sich in etwa parallel zum Augeninnendruck, nahmen also während des Unterdruckaufenthaltes leicht zu und lagen nach Versuchsende unter den Anfangswerten.

Ein mit einem Proband aus Gruppe I durchgeführter Versuch bis auf 5000 m Höhe ergab auch keine das physiologische Maß überschreitenden Änderungen des intraokularen Druckes und der beiden Kreislaufparameter.

Mit einer II. Gruppe, bestehend aus 4 Patienten mit medikamentös eingestelltem Glaucoma simplex, wurden die entsprechenden Untersuchungen bis zu einer Höhe von 2500 m durchgeführt. Die durchschnittlichen Meßwerte blieben auch bei diesen Versuchspersonen innerhalb der physiologischen Grenzen.

Es besteht kein Grund zur Annahme, daß durch den verminderten Luftdruck in den Druckkabinen der heutigen Verkehrsflugzeuge ein medikamentös eingestelltes Glaucoma simplex negativ beeinflusst wird. Für das nicht vorhersehbare Auftreten eines akuten Glaukoms wären einige Notfallmedikamente in der Bordapotheke empfehlenswert, um einen akut erkrankten Passagier bis zur nächsten Landung und ärztlichen Behandlung versorgen zu können.

Versuchsprotokoll vom 4.7.79 Nr. 1

Name: Bindler, G. Alter: 25 J. Geschlecht: männl.

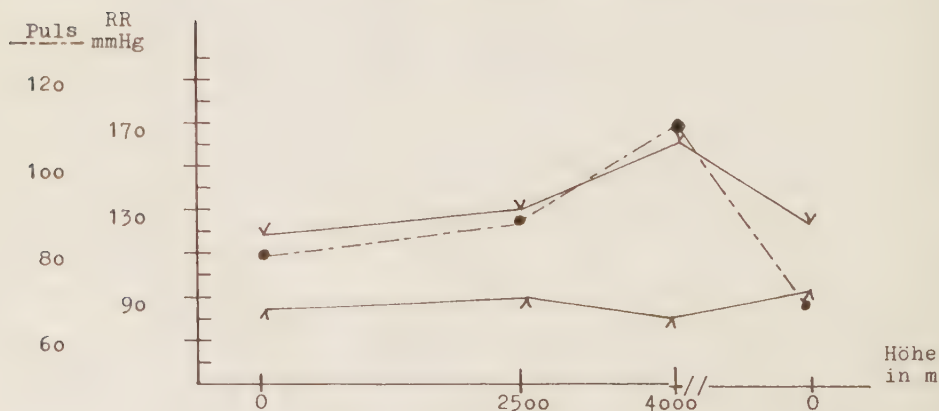
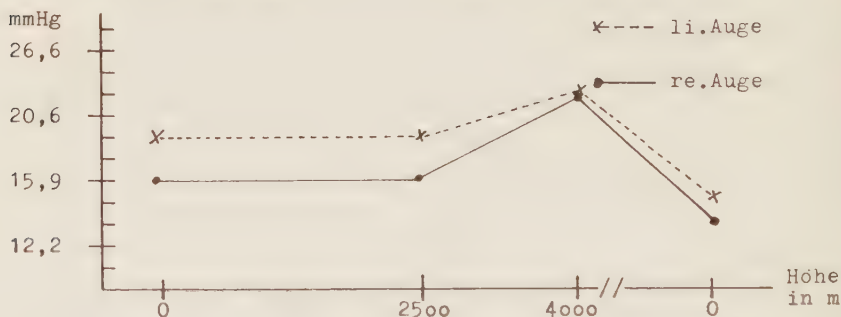
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: —

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 10 Min. von 4000 m nach 47 Min

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	16:10	120/85	80	4,5	18,9	5,5	15,9
2500 m	16:43	130/90	88	4,5	18,9	5,5	15,9
4000 m	17:00	160/80	108	3,5	22,4	3,5	22,4
Nach Versuch	17:28	125/90	68	6,0	14,6	6,5	13,4



Versuchsprotokoll vom 4.7.79 Nr. 2

Name: Seelos, G. Alter: 21 J. Geschlecht: weibl.

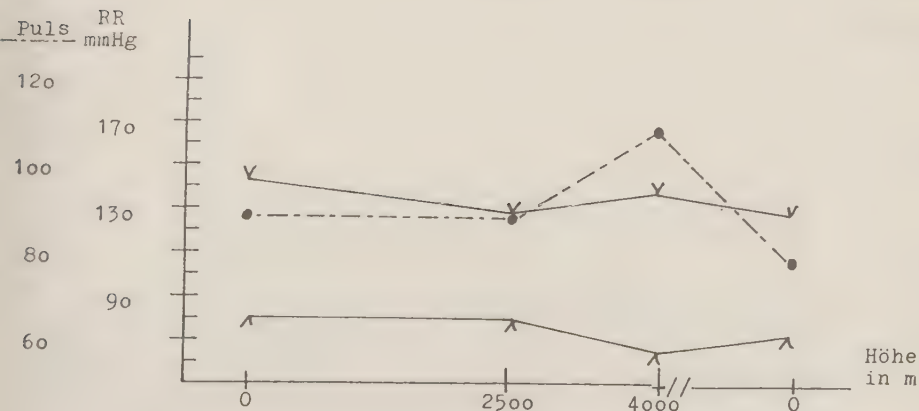
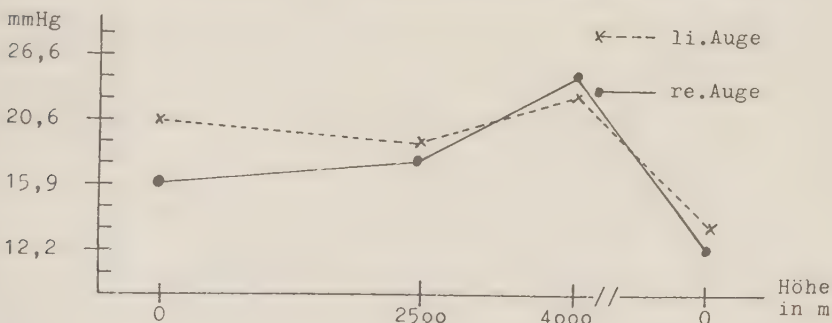
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: /

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 10 Min. von 4000 m nach 47 Min

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	16:10	145/80	88	4,0	20,6	5,5	15,9
2500 m	16:42	130/80	88	4,5	18,9	5,0	17,3
4000 m	17:00	140/65	108	3,5	22,4	3,0	24,4
Nach Versuch	17:30	130/70	80	6,5	13,4	7,0	12,2



Versuchsprotokoll vom 4.7.79 Nr. 3

Name: Giesse, L. Alter: 23 J. Geschlecht: weibl.

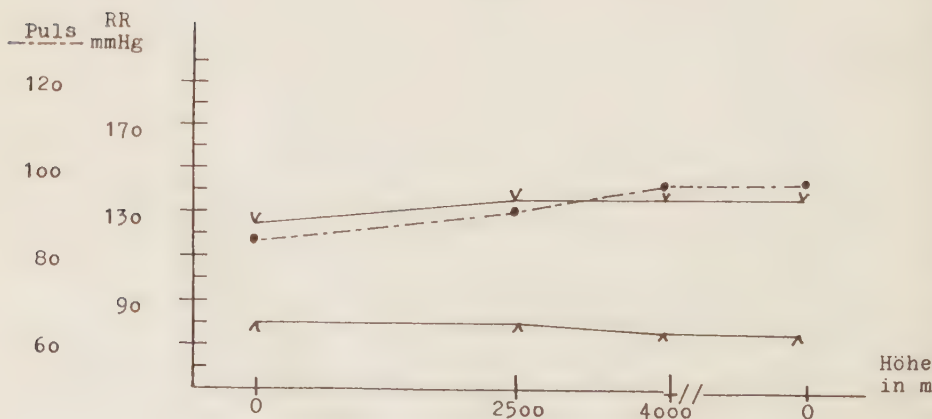
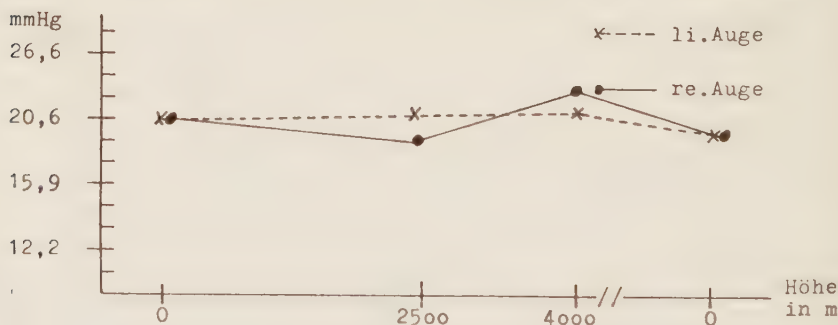
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: /

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 10 Min. von 4000 m nach 47 Min

	Zeit	RR	Puls	li.Auge		re.Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	16:10	125/80	84	4,0	20,6	4,0	20,6
2500 m	16:42	135/80	88	4,0	20,6	4,5	18,9
4000 m	17:01	135/75	96	4,0	20,6	3,5	22,4
Nach Versuch	17:28	135/75	96	4,5	18,9	4,5	18,9



Versuchsprotokoll vom 4.7.79 Nr. 4

Name: Hollmig, B. Alter: 28 J. Geschlecht: männl

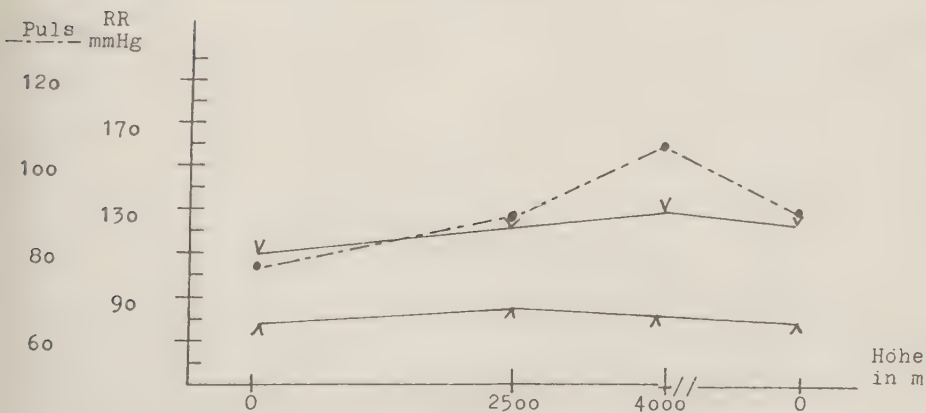
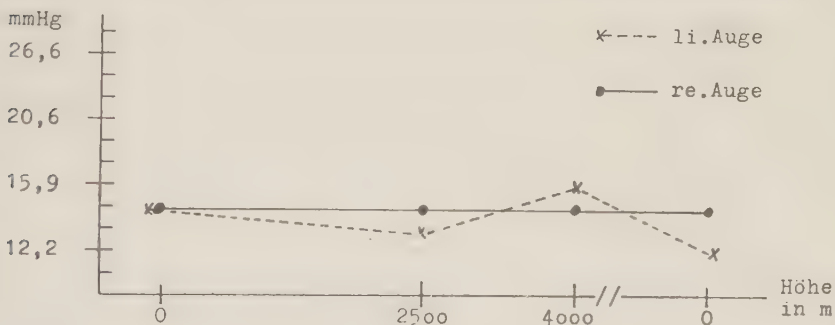
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: /

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 10 Min. von 4000 m nach 47 Min.

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	16:10	110/75	76	6,0	14,6	6,0	14,6
2500 m	16:42	120/85	84	6,5	13,4	6,0	14,6
4000 m	17:00	130/80	108	5,5	15,9	6,0	14,6
Nach Versuch	17:30	120/75	88	7,0	12,2	6,0	14,6



Name: Schön, M. Alter: 24 J. Geschlecht: männl.

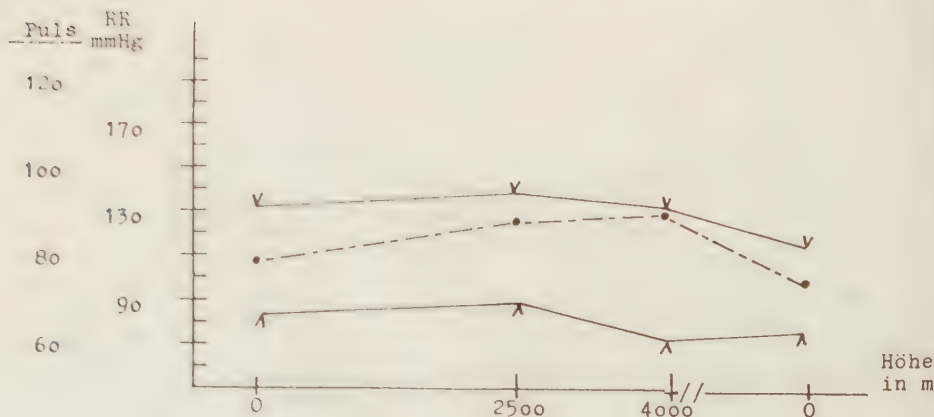
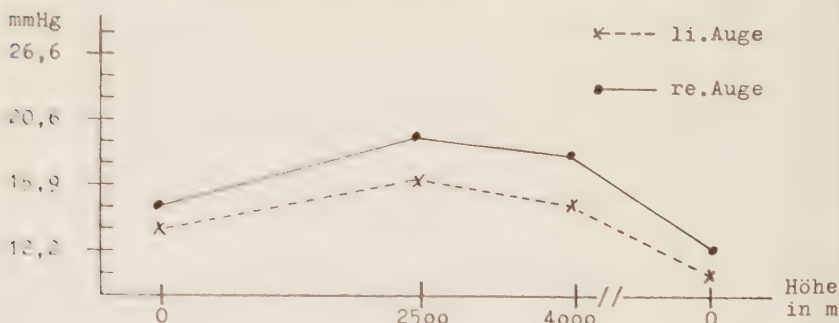
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: /

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 4 Min. von 4000 m nach 5 Min

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	17:55	135/85	80	6,5	13,4	6,0	14,6
2500 m	18:00	140/90	88	5,5	15,9	4,5	18,9
4000 m	18:05	130/70	92	6,0	14,6	5,0	17,3
Nach Versuch	18:25	115/80	76	8,0	10,2	7,0	12,2



Name: Scholz, B. Alter: 23 J. Geschlecht: weibl.

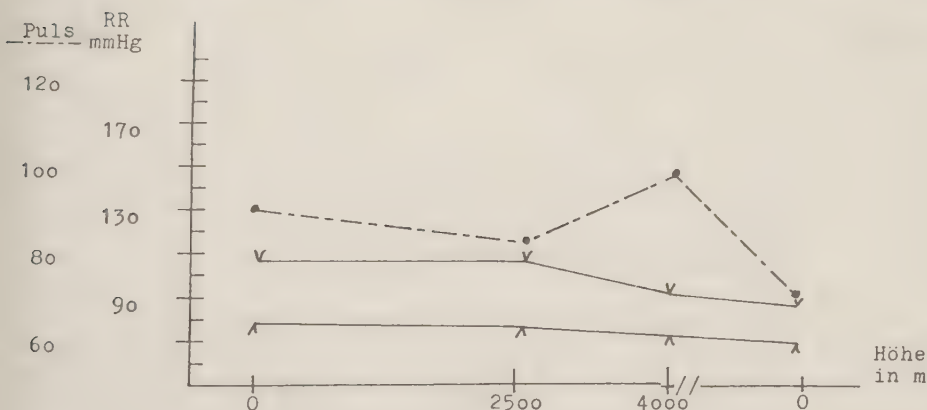
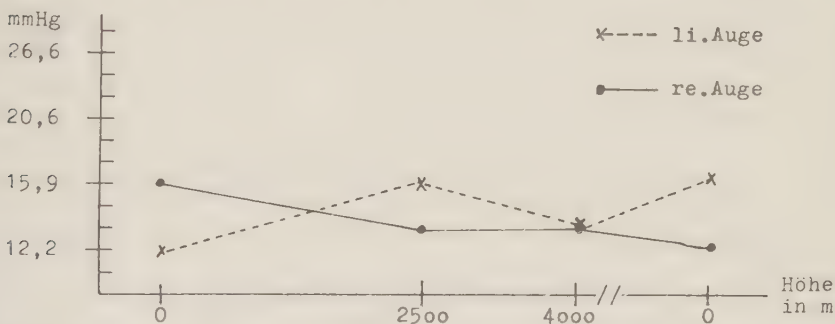
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: /

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 3 Min. von 4000 m nach 14 Min.

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	16:00	110/80	92	7,0	12,2	5,5	15,9
2500 m	16:07	110/80	84	5,5	15,9	6,5	13,4
4000 m	16:20	95/75	100	6,5	13,4	6,5	13,4
Nach Versuch	16:46	90/70	72	5,5	15,9	7,0	12,2



Versuchsprotokoll vom 11.7.79 Nr. 7

Name: Kazzarah, S. Alter: 34 J. Geschlecht: männl.

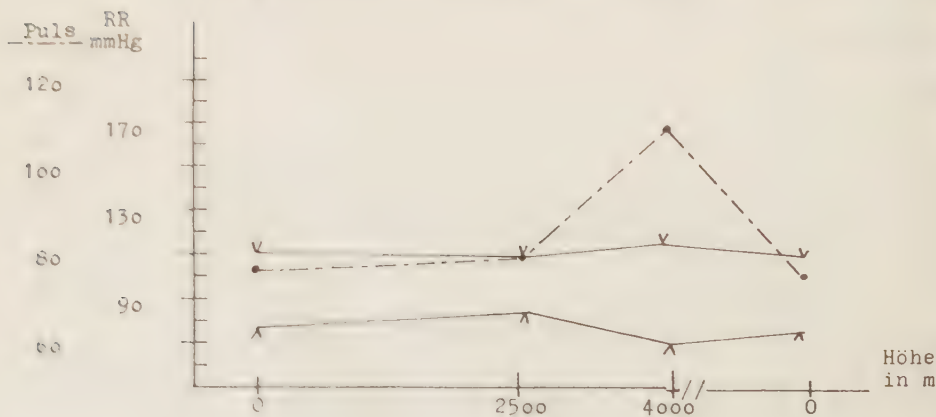
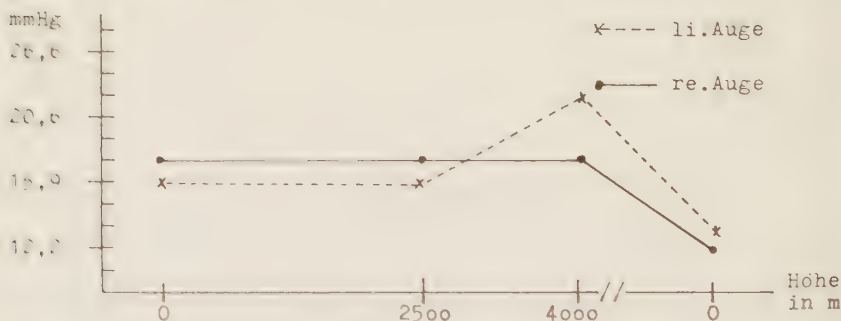
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: /

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 3 Min. von 4000 m nach 14 Min

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	16:00	110/75	76	5,5	15,9	5,0	17,3
2500 m	16:11	110/85	80	5,5	15,9	5,0	17,3
4000 m	16:25	115/70	108	3,5	22,4	5,0	17,3
Nach Versuch	16:50	110/75	76	6,5	13,4	7,0	12,2



Versuchsprotokoll vom 11.7.79 Nr. 8

Name: Resch, J. Alter: 25 J. Geschlecht: weibl.

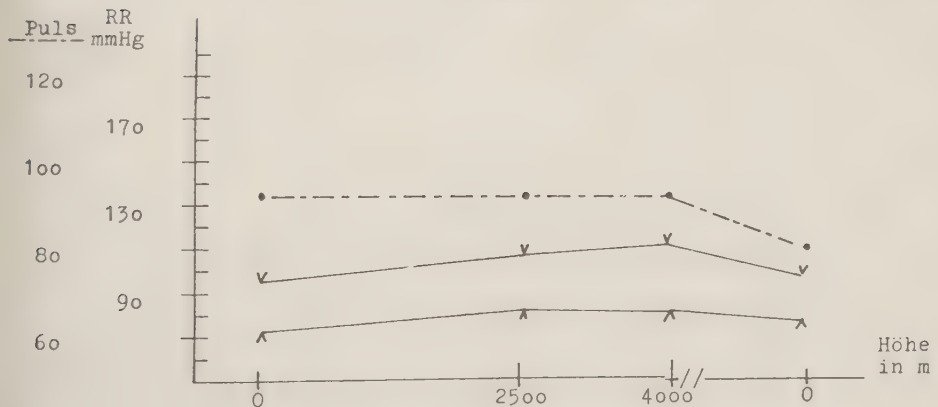
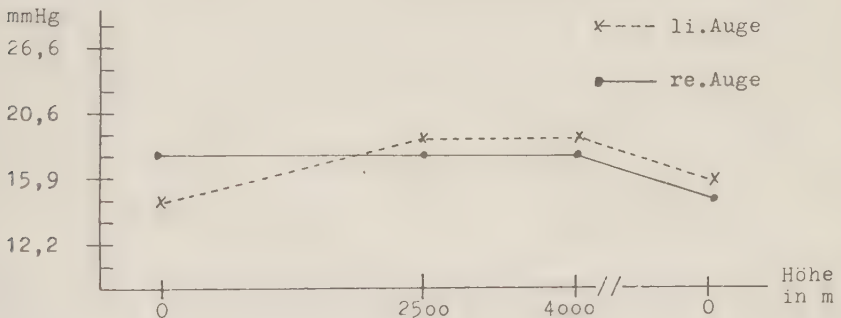
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: /

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 3 Min. von 4000 m nach 9 Min.

	Zeit	RR	Puls	li.Auge		re.Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	16:55	95/70	92	6,0	14,6	5,0	17,3
2500 m	17:02	105/80	92	4,5	18,9	5,0	17,3
4000 m	17:07	110/80	92	4,5	18,9	5,0	17,3
Nach Versuch	17:19	95/75	80	5,5	15,9	6,0	14,6



Name: Lösche, H. Alter: 29 J. Geschlecht: männl.

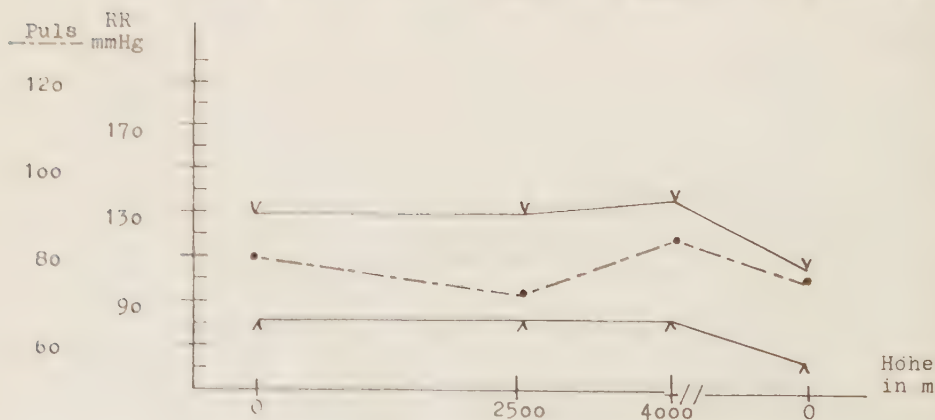
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: /

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 2 Min. von 4000 m nach 12 Min.

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	14:50	130/80	80	5,5	15,9	4,5	18,9
2500 m	15:07	130/80	72	4,5	18,9	5,0	17,3
4000 m	15:19	135/80	84	4,5	18,9	4,0	20,6
Nach Versuch	15:30	105/60	76	7,0	12,2	6,5	13,4



Name: Scharnagl, J. Alter: 25 J. Geschlecht: weibl.

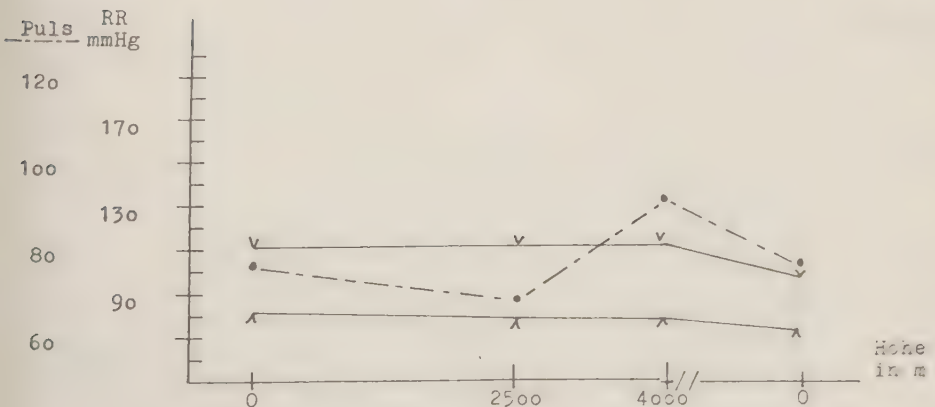
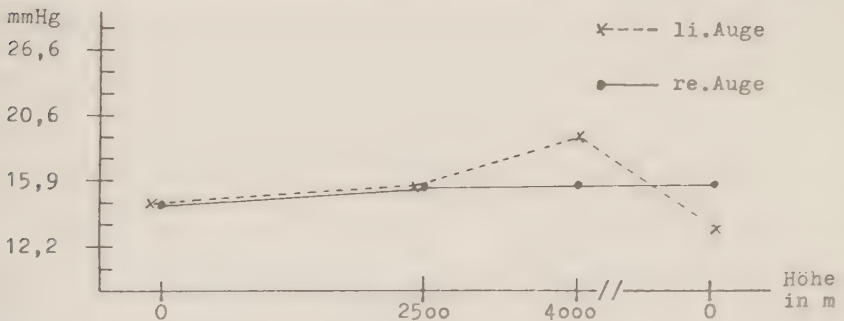
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente:

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 2 Min. von 4000 m nach 12 Min.

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	14:50	110/80	76	6,0	14,6	6,0	14,6
2500 m	15:10	110/75	68	5,5	15,9	5,5	15,9
4000 m	15:16	110/75	92	4,5	18,9	5,5	15,9
Nach Versuch	15:25	95/70	76	6,5	13,4	5,5	15,9



Versuchsprotokoll vom 23.7.79 Nr. 11

Name: Spierer, S. Alter: 23 J. Geschlecht: männl.

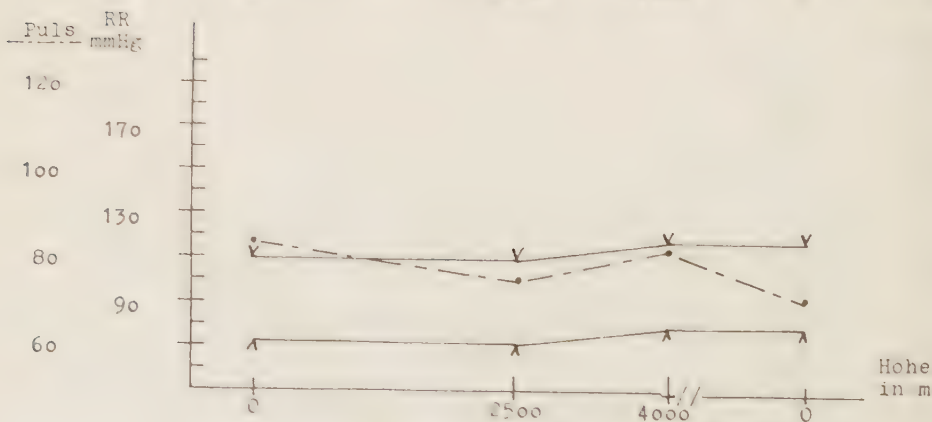
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: ✓

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 2 Min. von 4000 m nach 16 Min.

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				mmHg	mmHg	mmHg	mmHg
Vor Versuch	15:40	100/60	84	5,5	15,9	6,5	13,4
2500 m	15:47	100/60	76	5,5	15,9	5,0	17,3
4000 m	16:05	110/70	84	5,5	15,9	4,5	18,9
Nach Versuch	16:15	110/70	72	6,5	13,4	6,5	13,4



Name: Suhl/Leisch, H. Alter: 26 J. Geschlecht: männl.

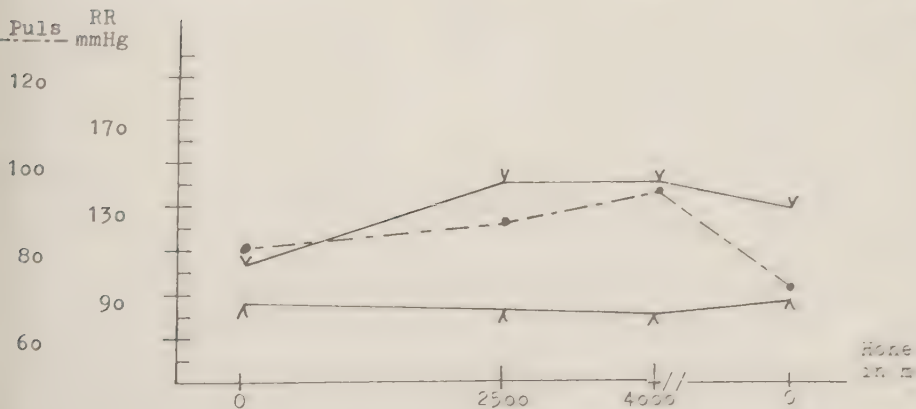
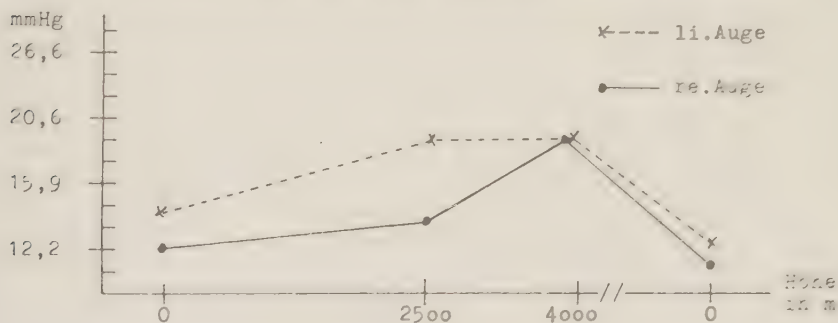
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: /

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 2 Min. von 4000 m nach 12 Min.

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				%	mmHg	%	mmHg
Vor Versuch	10:10	115/85	80	6,0	14,6	7,0	12,2
2500 m	10:29	140/80	84	4,5	18,9	6,5	13,4
4000 m	10:43	140/75	92	4,5	18,9	4,5	18,9
Nach Versuch	10:52	125/80	68	7,0	12,2	7,5	11,2



Versuchsprotokoll vom 1.8.79 Nr. 13

Name: Zworla, H. Alter: 22 J. Geschlecht: männl.

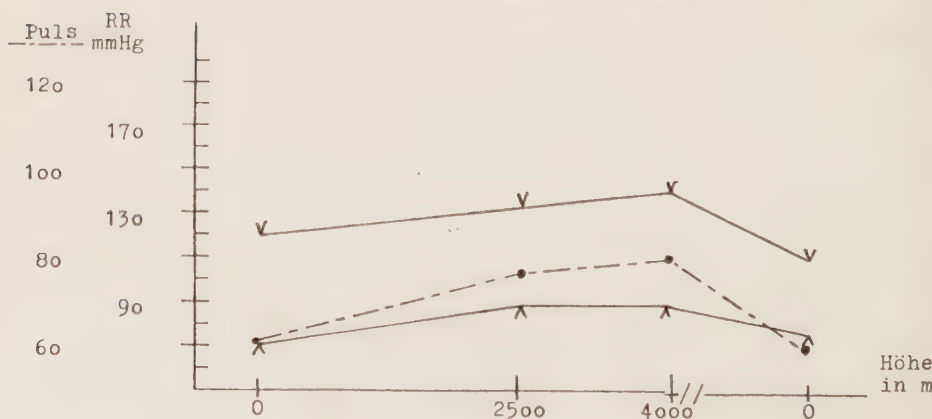
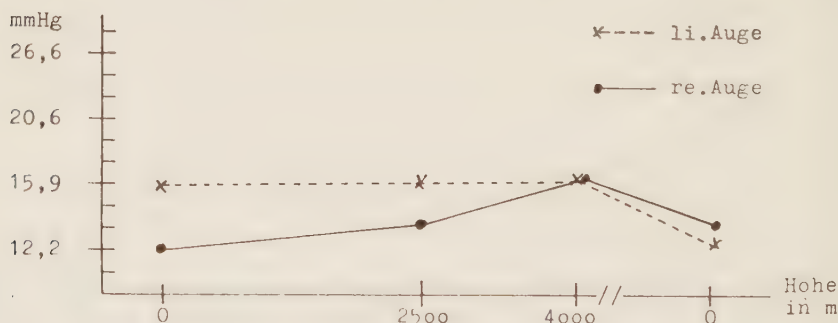
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente:

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 2 Min. von 4000 m nach 12 Min.

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	10:12	120/70	60	5,5	15,9	7,0	12,2
2500 m	10:34	135/90	76	5,5	15,9	6,5	13,4
4000 m	10:39	140/90	80	5,5	15,9	5,5	15,9
Nach Versuch	10:57	110/75	56	7,0	12,2	6,5	13,4



Versuchsprotokoll vom 1.8.79 Nr. 14

Name: Reither, T. Alter: 26 J. Geschlecht: männl.

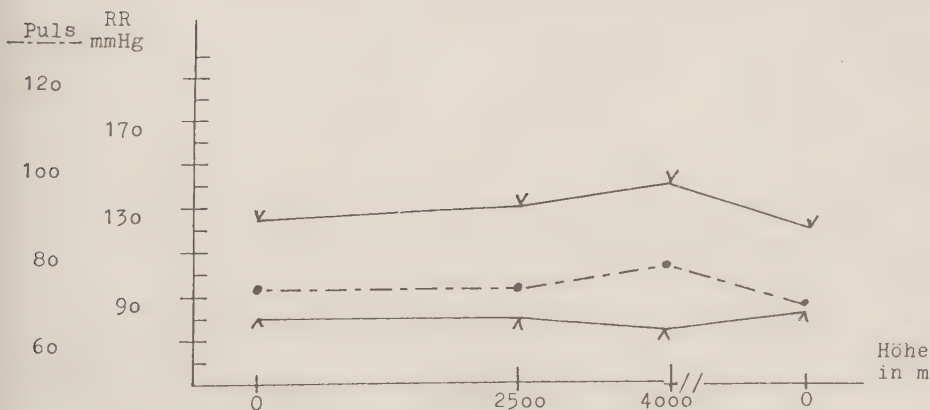
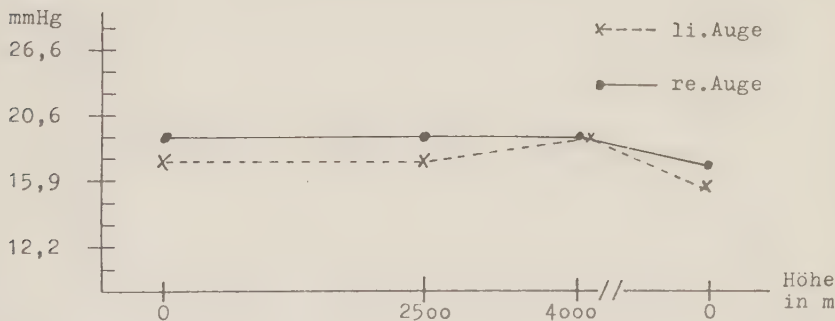
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: /

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 2 Min. von 4000 m nach 12 Min.

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	10:10	125/80	72	5,0	17,3	4,5	18,9
2500 m	10:30	130/80	72	5,0	17,3	4,5	18,9
4000 m	10:42	140/70	76	4,5	18,9	4,5	18,9
Nach Versuch	10:55	120/80	68	5,5	15,9	5,0	17,3



Versuchsprotokoll vom 1.8.79 Nr. 15

Name: Marx, B. Alter: 22 J. Geschlecht: männl.

Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente:

Erreichen der Höhe von 2000 m nach 2 1/2 h von 4000 m nach 9 Min.

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				°	mmHg	°	mmHg
Vor Versuch	11:00	110/80	72	55	15,9	5,0	17,3
2500 m	11:05	120/80	72	4,5	18,9	5,0	17,3
4000 m	11:10	115/80	76	4,0	20,6	4,5	18,9
Nach Versuch	11:15	105/75	66	6,0	14,6	5,5	15,9



Versuchsprotokoll vom 1.8.79 Nr. 16

Name: Wiese, J.

Alter: 27 J.

Geschlecht: weibl.

Visus:

emmetrop

hyperop

myop

Glaukomdisposition:

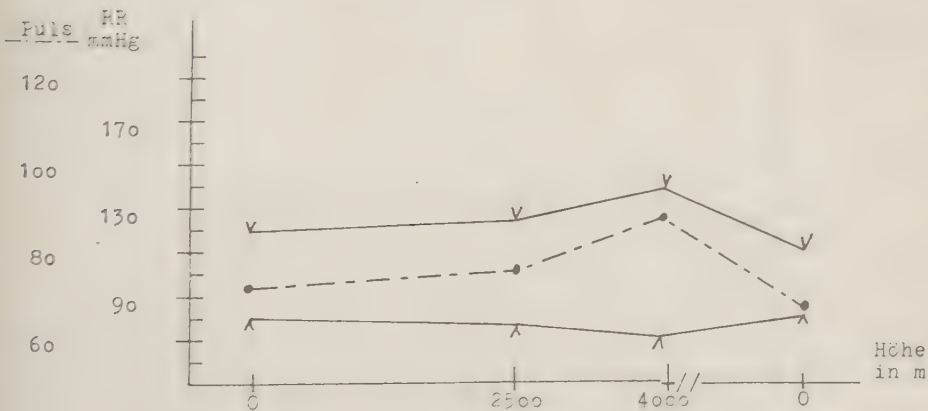
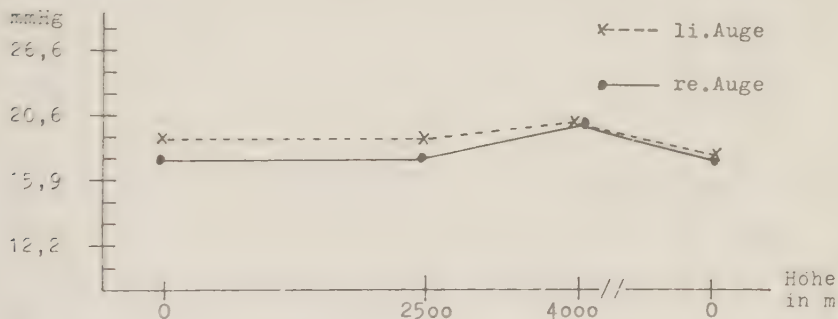
Ja

Nein

Medikamente: /

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 2 Min. von 4000 m nach 9 Min.

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	11:00	120/80	72	4,5	18,9	5,0	17,3
2500 m	11:04	125/75	76	4,5	18,9	5,0	17,3
4000 m	11:11	140/70	88	4,0	20,6	4,0	20,6
Nach Versuch	11:20	110/80	68	5,0	17,3	5,0	17,3



Versuchsprotokoll vom 1.8.79 Nr. 17

Name: Brandt, J. Alter: 25 J. Geschlecht: männl.

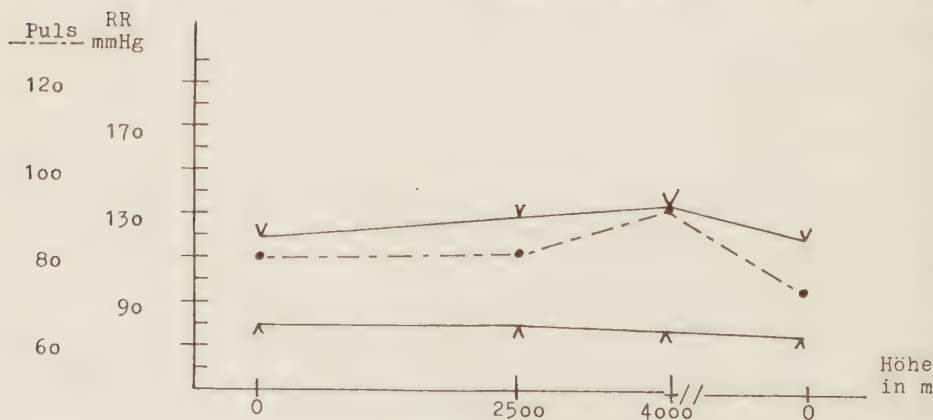
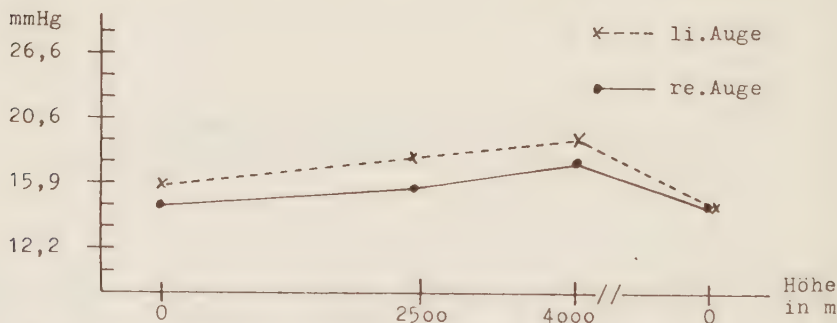
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: /

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 2 Min. von 4000 m nach 9 Min

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	11:00	120/80	80	5,5	15,9	6,0	14,6
2500 m	11:05	125/80	80	5,0	17,3	5,5	15,9
4000 m	11:10	130/75	92	4,5	18,9	5,0	17,3
Nach Versuch	11:20	115/70	72	6,0	14,6	6,0	14,6



Versuchsprotokoll vom 13.8.79 Nr. 18

Name: Timperi, T. Alter: 26 J. Geschlecht: weibl.

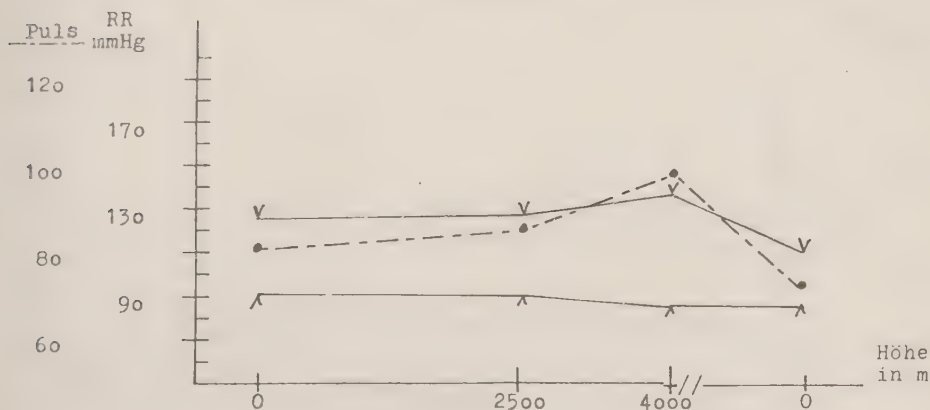
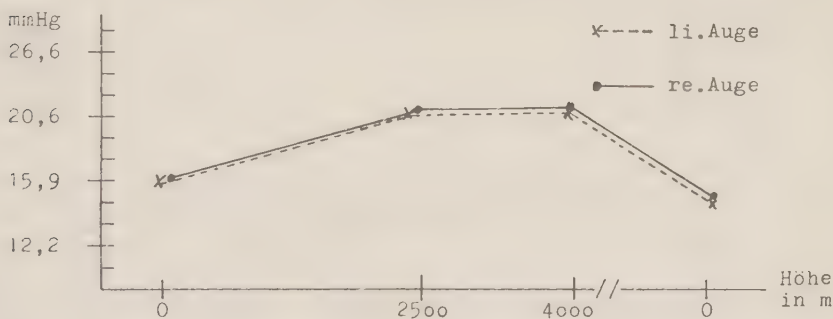
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: /

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 2 Min. von 4000 m nach 9 Min.

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	18:20	125/90	80	5,5	15,9	5,5	15,9
2500 m	18:35	125/90	84	4,0	20,6	4,0	20,6
4000 m	18:42	135/85	96	4,0	20,6	4,0	20,6
Nach Versuch	18:49	120/85	72	6,0	14,6	6,0	14,6



Versuchsprotokoll vom 13.8.79 Nr. 19

Name: *Schmidt, C.* Alter: *22 J.* Geschlecht: *weibl.*

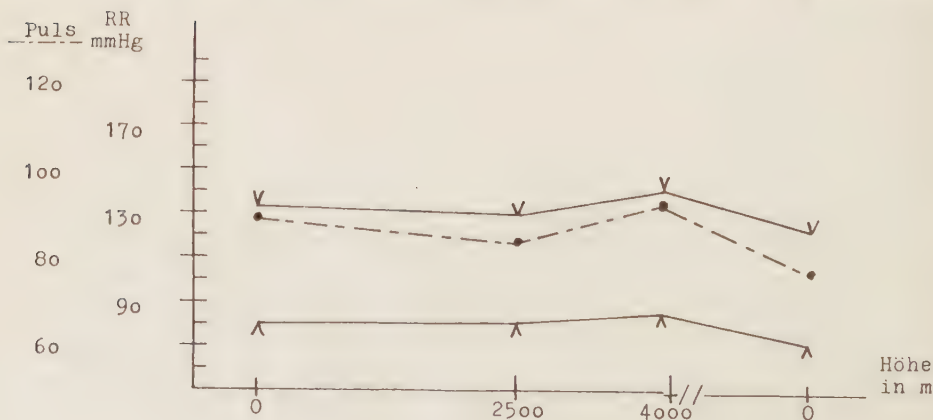
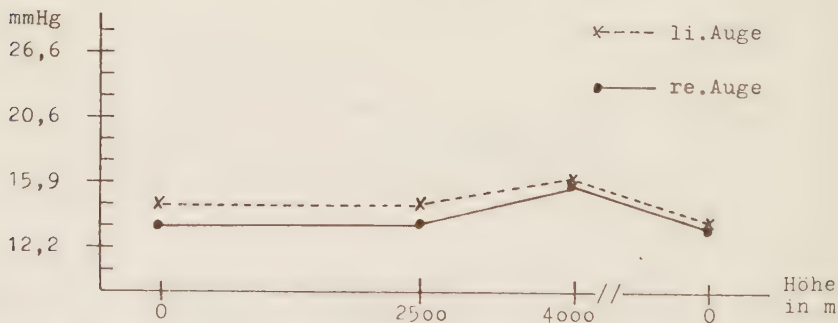
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: *✓*

Erreichen der Höhe von 2500 m nach *2 Min.* von 4000 m nach *11 Min.*

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	<i>18:20</i>	<i>135/85</i>	<i>88</i>	<i>6,0</i>	<i>14,6</i>	<i>6,5</i>	<i>13,4</i>
2500 m	<i>18:35</i>	<i>130/80</i>	<i>84</i>	<i>6,0</i>	<i>14,6</i>	<i>6,5</i>	<i>13,4</i>
4000 m	<i>18:42</i>	<i>140/85</i>	<i>92</i>	<i>5,5</i>	<i>15,9</i>	<i>5,5</i>	<i>15,9</i>
Nach Versuch	<i>18:50</i>	<i>120/70</i>	<i>76</i>	<i>6,5</i>	<i>13,4</i>	<i>6,5</i>	<i>13,4</i>



Versuchsprotokoll vom 13.8.79 Nr. 20

Name: Wenzel, R. Alter: 24 J. Geschlecht: weibl.

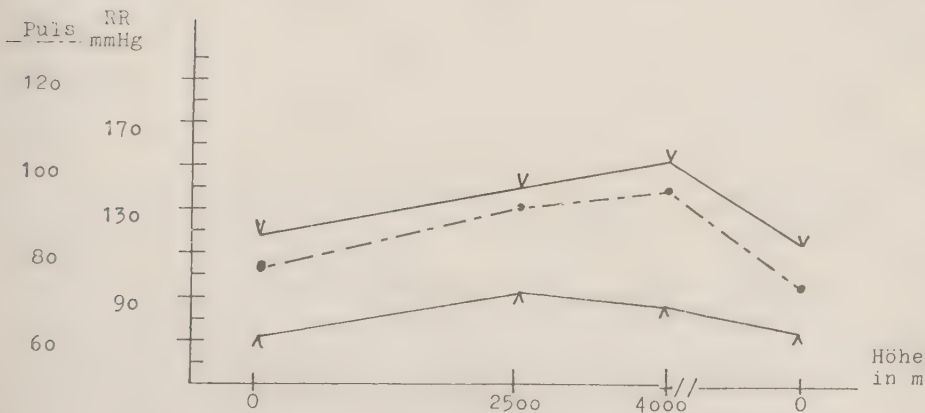
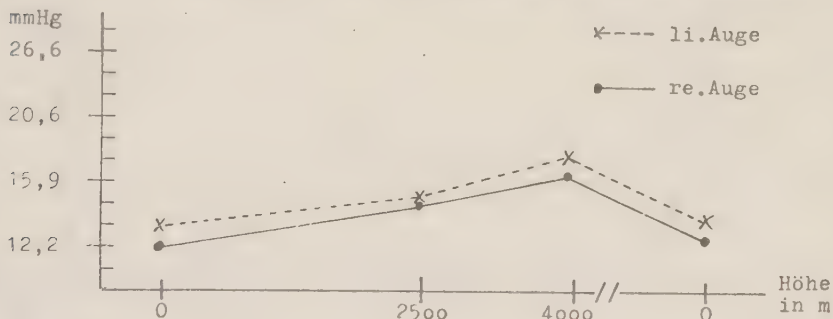
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: /

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 2 Min. von 4000 m nach 11 Min.

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	18:55	120/70	76	6,5	13,4	7,0	12,2
2500 m	19:08	140/80	88	6,0	14,6	6,0	14,6
4000 m	19:22	150/80	92	5,0	17,3	5,5	15,9
Nach Versuch	19:30	110/70	72	6,5	13,4	7,0	12,2



Versuchsprotokoll vom 13.8.79 Nr. 21

Name: Tschke, G. Alter: 22 J. Geschlecht: weibl.

Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: /

Erreichen der Höhe von 2000 m nach 2 Min. von 4000 m nach 11 Min.

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				l	mmHg	r	mmHg
Vor Versuch	16:55	120/80	60	5,5	15,9	8,0	10,2
2000 m	19:08	130/90	64	5,0	17,3	7,5	11,2
4000 m	19:22	133/95	80	5,0	17,3	7,5	11,2
Nach Versuch	19:28	120/80	64	6,5	13,4	8,5	9,4



Versuchsprotokoll vom 12.1.80 Nr. 22

Name: Bacherler, M. Alter: 49 J. Geschlecht: männl

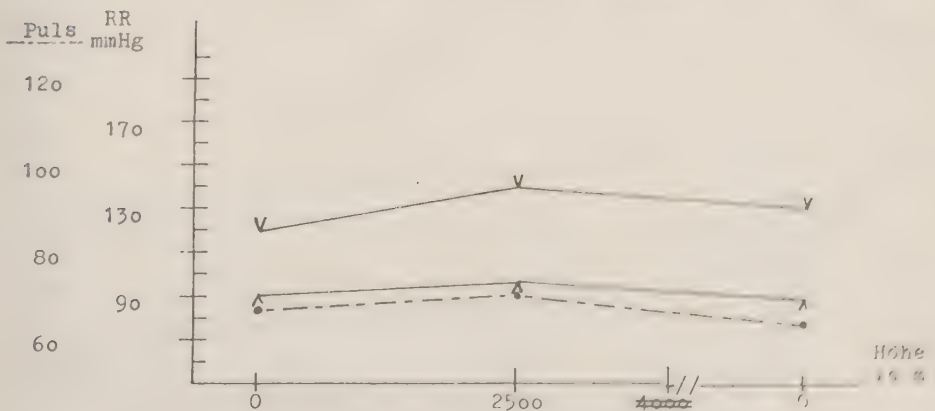
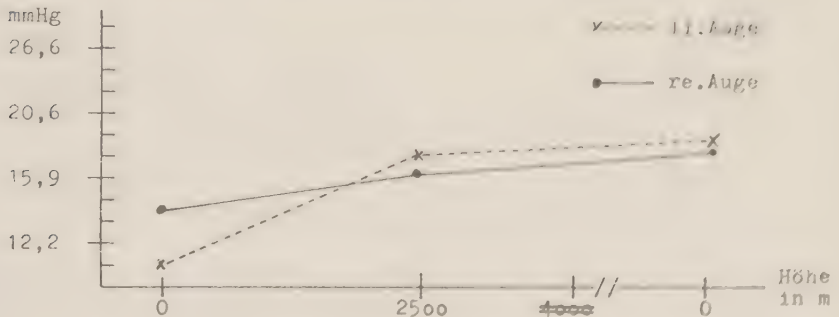
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: 1 1/2 Stunden nach Glaucostat (2)

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 2 Min von 4000 m nach /

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	9:11	120/90	68		11		14
2500 m	9:25	140/95	72		17		16
4000 m							
Nach Versuch	9:30	130/90	64		18		17



Versuchsprotokoll vom 12.1.80 Nr. 23

Name: Forster, B Alter: 46 J. Geschlecht: weibl.

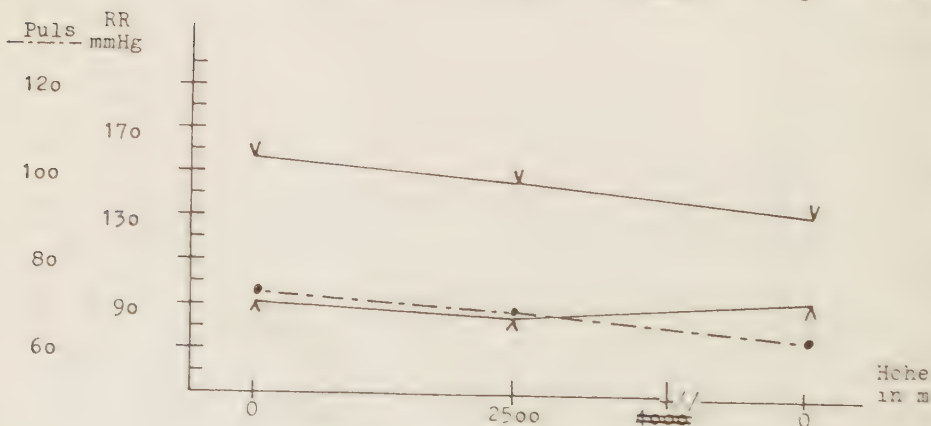
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: 1 3/4 Stunden nach Glaucostat®

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 2 Min. von 4000 m nach 1/2

	Zeit	RR	Puls	li.Auge		re.Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	9:15	155/90	72		19		19
2500 m	9:38	145/85	68		18		19,5
4000 m							
Nach Versuch	9:45	130/90	60		17,5		18



Versuchsprotokoll vom 12.1.80 Nr. 24

Name: *Sammüller, R.* Alter: *36 J.* Geschlecht: *männl.*

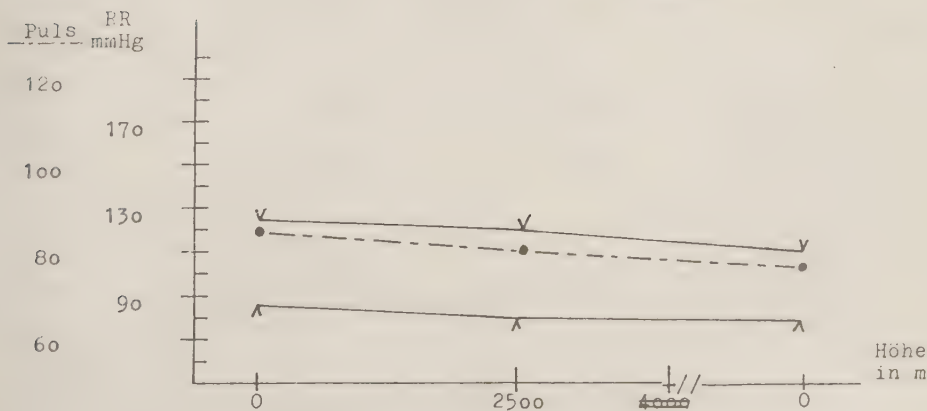
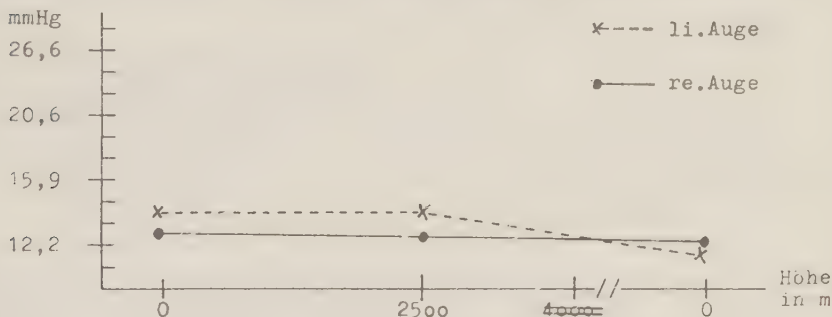
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: *1 3/4 Stunden nach Glaucostat®*

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 2 Min. von 4000 m nach *✓*

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	9:18	125/85	84		14		13
2500 m	9:38	120/80	80		14		13
4000 m							
Nach Versuch	9:45	110/80	76		12		13



Name: Becker, N. Alter: 69 J. Geschlecht: männl.

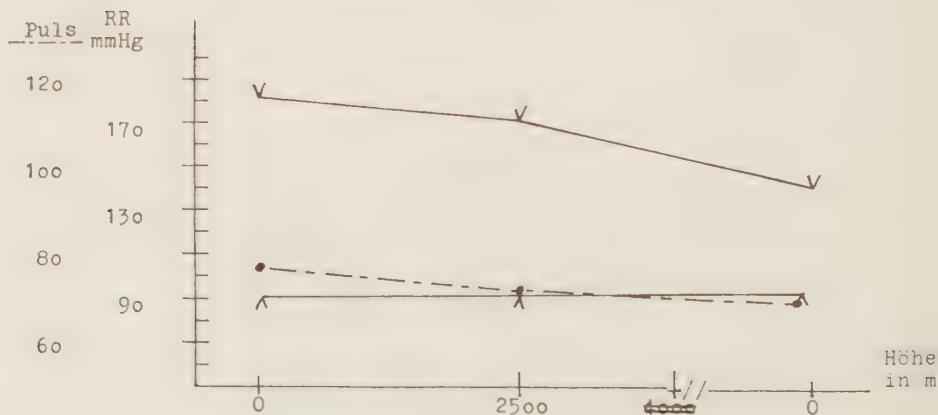
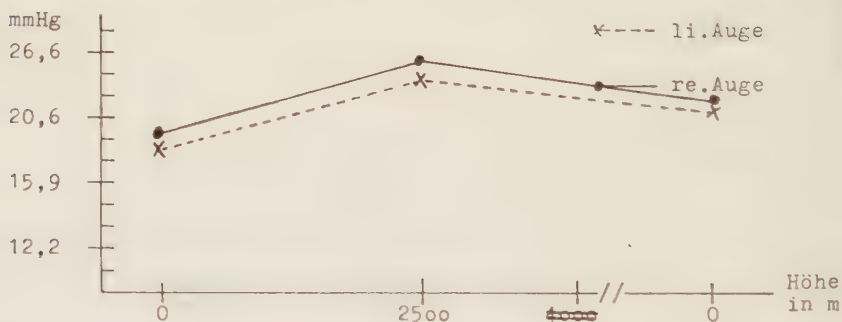
Visus: emmetrop hyperop myop

Glaukomdisposition: Ja Nein

Medikamente: 2 Stunden nach Glauco-stat®

Erreichen der Höhe von 2500 m nach 2 Min. von 4000 m nach ✓

	Zeit	RR	Puls	li. Auge		re. Auge	
				Z	mmHg	Z	mmHg
Vor Versuch	9:30	180/90	76		18		19
2500 m	9:57	170/90	72		23		25,5
4000 m							
Nach Versuch	10:05	140/90	68		21		22



(Intercontinental Air Transport Association)

I. Krankheiten des Herz- und Kreislaufsystems

Berücksichtigen Sie 2 Faktoren:

1. Die Zunahme der Herzarbeit
 2. die mögliche Hypoxie des Herzmuskels
- A) Zu den absoluten Gegenanzeigen des Fliegens gehören:
1. Der frische Herzinfarkt
 2. Schwere gehäufte Angina-pectoris-Anfälle schon in Ruhe
 3. Klappenfehler mit schweren Dekompensationszeichen
 4. Kompletter AV-Block mit Adams-Stokes-Anfällen
 5. Akute Myocarditis
 6. Dekompensierte Hypertonie
- B) Zu den relativen Gegenanzeigen des Fliegens gehören:
1. Zustand nach ausgedehntem Infarkt
 2. Koronarinsuffizienz mit Arbeitsstenocardie
 3. Kompensierte Klappenfehlerkranke
 4. Rhythmusstörungen
 5. Schwere Erregungsleitungsstörungen
 6. Kranke mit Thrombose- und Embolieanamnese
- C) Keine Gegenanzeigen sind:
1. Abgeheilte Infarkte
 2. Angina pectoris
 3. Vollkompensierte Vitien
 4. Klinisch und labormäßig inaktive Myocarditis
 5. Rhythmusstörungen, die wahrscheinlich harmlos sind
 6. Reizleitungsstörungen, die wahrscheinlich harmlos sind
 7. Dyskardien
 8. Kranke mit vegetativen Kreislaufregulationen
 9. Hohes Alter

II. Die Krankheiten des respiratorischen Systems

1. Sinusiditen und Pharyngiditen
Behandlung vor Antritt der Reise mit auf die Schleimhaut wirkenden Vasokonstriktoren
2. Asthma - Bronchiale
Der Schweregrad gilt als Kriterium der Flugtauglichkeit
3. Aktive oder kavernöse Tuberkulose = Fluguntauglich
4. Pneumothorax = Fluguntauglich
5. Lungenkarzinom = Fluguntauglich
6. Lungenabszesse = Fluguntauglich
7. Fibrosis = Fluguntauglich
8. Bronchitiden = Flugtauglich
9. Bronchiektasen = Flugtauglich
10. Pneumokoniosen = Flugtauglich
11. Pneumonie = Fluguntauglich

III. Blutkrankheiten

1. Erythrozytenzahlen unter 3 Millionen = Fluguntauglich
2. Haemoglobin-Werte unter 60% = Fluguntauglich
3. Leukaemie = Fluguntauglich
4. Patienten, die erst kürzlich eine Bluttransfusion erhalten haben, sind für eine Flugreise ungeeignet.

IV. Diabetiker

Im Allgemeinen Flugtauglich! Gefahr der Hypoglykaemie durch plötzlich auftretende Übelkeit (Luftkrankheit)

V. Chirurgische Eingriffe

1. Appendektomie = nach 10 Tagen post op. Flugtauglich
2. Herniotomie = nach 10 Tagen post op. Flugtauglich
3. Gastrektomie = nach 6 Wochen post op. Flugtauglich
4. Darmresektionen = nach 6 Wochen post op. Flugtauglich
5. Nephrektomien = nach 6 Wochen post op. Flugtauglich
6. Kolostomie = Fluguntauglich
7. Harninkontinenz = Fluguntauglich
8. nicht reponierte Hernien = Fluguntauglich
9. Cholecystopathien = im akuten Stadium Fluguntauglich

VI. Schwere Psychosen

im normalen Linienverkehr Fluguntauglich

VII. Schwangerschaft

Bis 5. Schwangerschaftsmonat Flugtauglich
im 6. u. 7. Schwangerschaftsmonat ist ein ärztliches Attest erforderlich
Ab 8. Monat Fluguntauglich

VIII. Kinder

Vom Ende der 2. Lebenswoche Flugtauglich

IX. Blinde oder stark Sehbehinderte

Flugtauglich: Ausnahme der Beförderungsvorschrift:
Blindenhunde dürfen mitgenommen werden (kostenfrei)

X. Akutes Glaukom u. innere Augenblutungen

Fluguntauglich

XI. Meldepflichtige Infektionskrankheiten

Fluguntauglich

Literaturverzeichnis

- Ascher, K. Zur Messung des intraokularen Blut-
 gefäßdruckes
 Archiv f. Ophthalmologie 139 (1958)
- Carapancea, M. L'HYPERTENSION INTRAOCULAIRE HYPERM'-
Stefan, M. ETROPIQUE EXAG'ER'EE PAR L'HYPHO-
Udrescu, E. BARIE, EN TANT QUE M'ECANISME DES
 TROUBLES ACCOMMODATIFS VISUELS
 D'ALTITUDE.
 Rev. Roum. Physiol. 7 (1970)
- Catlett, G.F. Glaucoma in Commercial Pilots
Kidera, G.J. Aerospace Medicine 39 (12) (1968)
- Chevaleraud, J.P. Augendruckschwankungen und Ver-
Gougaud, G. änderungen des Zentralarteriendruckes
Nathie, J. unter Ovulationshemmern bei Flustewardes-
Perdriel, G. sen.
 Rev. Méd. aéronaut. 12 (1974)
- Clark, W.B. Glaucoma Screening in Aeromedical
Culver, J.F. Examination
 Aerospace Med. 33 (1962)
- Clarke, C. Mountain Sickness, Retinal Haemorrhages
Duff, J. and Acclimatisation on Mount Everest
 Br. Med. J. 2 (1976)

- Culver, J.F. The Aeromedical Problem of Glaucoma
Clark, W.B. Aerospace Med. 34 (1963)
- Czaplicki J. Changes of the Intraocular Pressure
Zacharczyk A. in Women in Monthly Cycle.
Klin. oczna 29 (1959)
- Daubs J.G. Patterns of Diurnal Variation in the
Intraocular Pressure of Airline Pilots
Aerospace Med. 44 (1975)
- Diamond, St. Early Detection of Glaucoma in Aging
Aircrew Personnel.
Aerospace Med. 52 (1961)
- Finlay, J. Diagnostic Criteria for Glaucoma and
the Pilot
Aerospace Med. 36 (1965)
- Furuya, G. Über die Einflüsse des Unterdruckes
auf das menschliche Auge.
Acta Soc. ophthalm. jap. 40 (1936)
Ref. Zbl. Ophthalm. 39 (1937)
- Hollwich, F. Augenheilkunde
9. Auflage, Thieme Verlag Stuttgart
(1979)

- Kalthoff, H. Probleme des Augeninnendruckes beim
John, S. Sporttauchen mit Gerät.
Scholz, V. Klin. Mbl. Augenheilkunde 166 (1975)
- Leydhecker, W. Grundriß der Augenheilkunde
18. Auflage, Springer Verlag
- Der intraokulare Druck gesunder
menschlicher Augen
Klin. Mbl. Augenheilkunde 133 (1958)
- Nervöse Einflüsse auf den intra-
okularen Druck.
Archiv f. Ophthalmologie 161 (1959/60)
- Newton, N.L. Intraocular Pressure, Aqueous Out-
Clark, W.B. flow and Glaucoma at Altitude.
Culver, J.F. Amerik. J. Ophthal., Ser.3, 56 (1963)
Moore, J.T.
- Niesel, P. Die Wirkung rascher atmosphärischer
Luftdruckänderungen auf den Augen-
innendruck.
Archiv Ophthalmologie 156 (1954/55)
- Payne, B.F. Glaucoma as an Aviation Hazard
Aerospace Med. 33 (1962)

- Richter, G. Die Häufigkeit des Glaukoms
 Sautier, K. Klin. Mbl. Augenheilkunde 129 (1956)
- Sautier, H. Meteorologische Studie über das akute
 Aubert, K. Glaukom.
 Ophthalmologica (Schweiz) 129 (1955)
- Sédan, J. A propos du glaucome de l'aviateur
 Ann. Oculist (Paris) 198 (1965)
- Wirsching, L. The Ocular Tension in Great Variations
 Aasved, R. of Air Pressure
 Acta Ophthalmologica 41 (1963)

Herrn Lehrbeauftragten Dr. med. Kurt Grasser danke ich an dieser Stelle für die Themenstellung, die jederzeitige Überlassung seiner Unterdruckkammer und die stets freundliche Beratung und Unterstützung. Mein Dank gilt auch Herrn Dr. med. Spalek und allen denen, die sich für die Durchführung der Versuche zur Verfügung gestellt haben.

Lebenslauf

Am 21. Januar 1951 wurde ich als erster von 2 Söhnen der Eheleute Gernard Hollmig und Annemarie Hollmig, geb. Grabitz, in Bochum geboren.

Von 1957 bis 1961 besuchte ich eine dortige Volksschule und anschließend ein mathematisch-naturwissenschaftliches Gymnasium bis März 1968. Seit April 1968 wohnhaft in Herzberg/Harz legte ich dort im Mai 1970 meine Reifeprüfung ab.

Nach zweijährigem Bundeswehrdienst studierte ich vom Sommersemester 1973 bis Wintersemester 1974/75 in Göttingen Betriebswirtschaft und Wirtschaftspädagogik.

Im Sommersemester 1975 begann ich an der Friedrich-Alexander-Universität in Erlangen mein Studium der Medizin und legte am 29. April 1981 die Ärztliche Prüfung ab.

